FONDO PIZZOFALCONE

20940

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio XXV

Palchetto 15.

Num.° d' ordine 63 21007

19.e.12

NAZIONALE
B. Prov.
I. 1
2384
NAPOLI
R. BIBLIOTECA VITT. EM. III

Digitized by Google

B. Prov
I
2884

Digitized by Google

C18601

LA THEORIE
DE LA MANOEUVRE
DES
VAISSEAUX,
REDUITE EN PRATIQUE
OU
LES PRINCIPES ET LES REGLES,
pour Naviguer le plus avantageuſement
qu'il eſt poſſible.

Par M. PITOT *de l'Academie Royale des Sciences.*

A PARIS RUE S. JACQUES,
Chez CLAUDE JOMBERT, au coin de la ruë des Mathurins, à l'Image Nôtre-Dame.

M. DCC. XXXI.
AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

A

MONSEIGNEUR

LE COMTE

DE MAUREPAS,

MINISTRE ET SECRETAIRE D'ETAT,

COMMANDEUR DES ORDRES

DE SA MAJESTE'.

MONSEIGNEUR;

L'importance de la matiere que j'examine, dans l'Ouvrage que j'ai l'honneur d'offrir A VOTRE

GRANDEUR, *n'a pas beſoin d'être établie par de longs diſcours. On a vû dans tous les Siécles la conſideration, & même la richeſſe & la puiſſance réelle des Nations dépendre de leur habileté dans l'Art de Naviguer, & de la grandeur de leurs forces Maritimes. C'eſt par-là que les Nations les moins conſiderables ſoit par l'étendue ſoit par la fertilité du terrain qu'elles occupoient, les Tyriens, les Atheniens, les Carthaginois & les Rhodiens ſe ſont trouvés en état non-ſeulement de traiter d'égal à égal avec les formidables Monarchies des Aſſiriens, des Perſes, des Succeſſeurs d'Alexandre & des Romains; mais même de leur faire ſouvent la loi, & de mettre obſtacle à leurs conquêtes. C'eſt par leur ſeule habileté dans la Navigation que les Genois & les Venitiens, pour deſcendre dans un Siécle plus voiſin du nôtre, ont été ſi longtems les Maîtres de tou-*

tes les Richeſſes de l'Aſie, ont poſſedé tranquillement les plus belles Iſles de la Mediterranée, & ont été pluſieurs fois les Arbitres de l'Occident.

Dans l'Ouvrage que j'oſe vous preſenter MONSEIGNEUR, *je tâche d'établir des Regles claires & certaines de la Manœuvre des Vaiſſeaux, c'eſt-à-dire d'une partie de la Navigation, qui, quoique très importante, ſembloit avoir été juſques apreſent comme abandonnée aux ſeuls taſtonnements d'une pratique aveugle ou mal aſſurée, & ſi mes efforts ſont heureux je pourrai me flatter d'avoir contribué à perfectionner une Science auſſi neceſſaire que celle de la Navigation.*

La Place que vous rempliſſés ſi dignement, MONSEIGNEUR, *vôtre zéle pour le bien du Royaume & pour le Service du Roi, l'étendue de vos connoiſſances, la profondeur & la juſteſſe de vos vûes, l'attention toute particuliere que vous donnés à ce*

GRANDEUR, *n'a pas beſoin d'être établie par de longs diſcours. On a vû dans tous les Siécles la conſideration, & même la richeſſe & la puiſſance réelle des Nations dépendre de leur habileté dans l'Art de Naviguer, & de la grandeur de leurs forces Maritimes. C'eſt par-là que les Nations les moins conſiderables ſoit par l'étendue ſoit par la fertilité du terrain qu'elles occupoient, les Tyriens, les Atheniens, les Carthaginois & les Rhodiens ſe ſont trouvés en état non-ſeulement de traiter d'égal à égal avec les formidables Monarchies des Aſſiriens, des Perſes, des Succeſſeurs d'Alexandre & des Romains; mais même de leur faire ſouvent la loi, & de mettre obſtacle à leurs conquêtes. C'eſt par leur ſeule habileté dans la Navigation que les Genois & les Venitiens, pour deſcendre dans un Siécle plus voiſin du nôtre, ont été ſi longtems les Maîtres de tou-*

tes les Richeſſes de l'Aſie, ont poſſedé tranquillement les plus belles Iſles de la Mediterranée, & ont été pluſieurs fois les Arbitres de l'Occident.

Dans l'Ouvrage que j'oſe vous preſenter MONSEIGNEUR, *je tâche d'établir des Regles claires & certaines de la Manœuvre des Vaiſſeaux, c'eſt-à-dire d'une partie de la Navigation, qui, quoique très importante, ſembloit avoir été juſques apreſent comme abandonnée aux ſeuls taſtonnements d'une pratique aveugle ou mal aſſurée, & ſi mes efforts ſont heureux je pourrai me flatter d'avoir contribué à perfectionner une Science auſſi neceſſaire que celle de la Navigation.*

La Place que vous rempliſſés ſi dignement, MONSEIGNEUR, *vôtre zéle pour le bien du Royaume & pour le Service du Roi, l'étendue de vos connoiſſances, la profondeur & la juſteſſe de vos vûes, l'attention toute particuliere que vous donnés à ce*

qui concerne la Navigation, votre amour pour les Sciences & la bonté avec laquelle vous recevés ceux qui les cultivent, m'ont inſpiré la hardieſſe de vous preſenter un Ouvrage qui ne doit paroître que ſous les auſpices de votre GRANDEUR. *Heureux ſi cet Ouvrage pouvoit obtenir par lui-même une approbation qui ſera un gage aſſuré de celle du Public. Du moins m'eſt-il permis d'eſperer que n'ayant eu d'autre deſſein en le compoſant, que celui de concourir aux vûes de votre* GRANDEUR *pour le bien general de la Nation & du Service du Roi, les motifs qui me l'ont fait entreprendre vous inſpireront quelque indulgence pour la maniere dont je l'ai executé. J'ai l'honneur d'être avec un très profond reſpect.*

MONSEIGNEUR,

Votre très-humble & très-obéïſſant ſerviteur, PITOT.

PREFACE.

L'ART de la Navigation a deux parties principales, la Manœuvre & le Pilotage.

De tous temps on s'eſt apliqué à perfectionner le Pilotage ; & il paroît qu'il n'y manque gueres qu'une parfaite connoiſſance des Longitudes.

Il n'en a pas été de même de la Manœuvre. Quoique cette partie de la Navigation ſoit ſans contredit la plus importante, les anciens Géometres l'avoient totalement negligée, & ce n'eſt que dans ces derniers temps qu'on s'eſt aviſé de chercher une Theorie qui pût éclairer la pratique des Marins, & leur aprendre les principes aſſurés de l'art qui donne avec promptitude & avec avantage aux Vaiſſeaux, tous les mouvemens dont ils ſont capables.

Rien n'eſt plus utile qu'une bonne Manœuvre ; & par la même raiſon, rien n'eſt plus neceſſaire aux Marins que d'acquerir la connoiſſance des principes, qui peuvent les conduire & les guider ſurement dans leurs operations.

Les avantages qu'ils recueilleront de cette étude, ſeront, de ſçavoir donner aux voiles & au gouvernail les ſituations les plus avantageuſes, ſoit

pour faire le plus de chemin qu'il eſt poſſible, ſoit pour virer promptement; de connoître exactement la dérive, & par conſequent la vraie route qu'on a tenuë; d'eſtimer la grandeur du ſillage ou le chemin fait par le Navire: ce qui eſt tout ce qu'on peut exiger de l'art, pour rendre une Navigation auſſi ſure, auſſi prompte, & en un mot auſſi parfaite qu'il eſt poſſible. Car comme on ſçait toujours le lieu d'où l'on eſt parti, la connoiſſance de la route ou du chemin parcouru, conduit auſſi à faire connoître le lieu où le Vaiſſeau ſe trouve.

Mais il y a plus; au moyen d'une bonne Manœuvre, les Marins ſeront en état de profiter heureuſement des vents, pour s'élever d'une Côte, pour doubler un Cap, pour éviter un écueil, pour ſuivre un Vaiſſeau, lui donner la chaſſe ou l'éviter, pour prendre le deſſus ou l'avantage du vent, ou ſe le conſerver: principalement dans un Combat Naval.

Il eſt vrai qu'on a vû de très grands hommes de Mer, excelens Manœuvriers, quoi qu'ils ne fuſſent que peu ou point au fait des principes theoriques de la Manœuvre. De ce nombre ſont Mrs. de Tourville, Jean-Bart, du Queſne, du Gué-Trouin, &c. La ſuperiorité de leur genie, une longue habitude à pratiquer, & leur exactitude à mettre à profit tout ce que leur enſeignoit un exercice journalier, avoient en quelque ſorte ſupléé à ce qui leur manquoit du côté de la Theorie. Mais n'eſt-il pas probable, pour ne

pas

pas dire évidemment certain, qu'ils euſſent porté l'Art de la Navigation à un plus haut degré de perfection, ou que du moins ils fuſſent plutôt parvenus à ce degré d'habileté, qui les a fait admirer, s'ils euſſent ſçû de bonne-heure les principes de la Manœuvre ?

De tous ceux qui juſqu'ici ſe ſont fait une ſi grande réputation, il n'y en a pas un ſeul qui ne dût ſes connoiſſances à une très longue experience. Quel avantage ne ſera-ce donc point, pour les Officiers de Marine, & les Pilotes, de pouvoir acquerir ces mêmes lumieres, ſans qu'il leur en coute tant d'années d'exercice ? Une connoiſſance réflechie des Principes de la Manœuvre, leur rendra la pratique plus prompte & plus familiere. La dérive ne ſera plus inconnuë, le ſillage ne ſera plus incertain : & cet art où l'on ne ſe rendoit habile qu'à force de courſes, de voyages, d'incidents, & d'obſervations réïterées, ne ſera plus que l'ouvrage d'une courte pratique, lorſqu'elle ſera éclairée & guidée, par la connoiſſance des Regles & des Principes certains ſur leſquels il eſt fondé.

C'eſt pour procurer aux Marins ces facilités, que de grands Géometres modernes ont employé leurs veilles, à perfectionner par une bonne Theorie, cette partie de la Marine ſi negligée juſqu'alors. Le Pere Pardies eſt le premier qui ait entrepris d'en donner quelques notions. Elles ſe trouvent à la ſuite d'un traité du Mouvement Local & des Forces Mouvantes, qu'il fit imprimer en 1671.

mais ſes tentatives ne furent pas heureuſes. Il eſt rare, même dans les ſciences exactes, que ceux qui défrichent les premiers faſſent autre choſe que preparer les voïes à ceux qui les ſuivent. La ſagacité & la netteté d'eſprit, qui lui étoient ſi naturelles, ne l'empêcherent point de donner dans de faux principes. Toutes les propoſitions fondamentales qu'il eſſaya de donner, furent autant de paralogiſmes.

M. le Chevalier Renaud plus habile dans la pratique de la Navigation vint enſuite, & publia un traité plus étendu de la Theorie de la Manœuvre. Mais comme il bâtit ſur les mêmes fondemens que le Pere Pardies, il donna auſſi dans les mêmes paralogiſmes. Son traité fit cependant beaucoup de de bruit. On publia qu'il renfermoit les principes d'une nouvelle ſience ; & il fut imprimé en 1689. par ordre du feu Roi.

Deux ou trois ans après, le Pere Hotte fit imprimer à Lyon un autre petit Ouvrage ſur cette matiere, dans un Recueil de Traités de Mathematiques ; mais comme vraiſemblablement il ſuivit le Pere Pardies, & M. le Chevalier Renaud, il donna dans les mêmes faux principes.

La principale erreur dans laquelle M. le Chevalier Renaud étoit tombé, fut relevée par M. Huguens. Ce ſavant Géometre reconnut, que le principe ſur lequel M. le Chevalier Renaud déterminoit les differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, étoit faux ; ce qui faiſoit tomber la plus grande partie de ſa Theorie. M. le Chevalier Renaud ne ſut

point détrompé par les objections de M. Huguens; il ne les regarda que comme des difficultés qui ne demandoient que des éclairciſſemens. Il répondit à M. Huguens; celui-ci répliqua, & les écrits ſe multiplierent de part & d'autre.

Le point de la difficulté étoit bien délicat, puiſque M. Bernoulli, l'un des plus grands Géometres de ce ſiecle, prit alors parti en faveur de M. le Chevalier Renaud. Mais quelques années après on le vit ſe ranger du côté de M. Huguens. Il alla même plus loin, car il trouva que M. le Chevalier Renaud étoit tombé dans une autre mépriſe, non moins délicate que la premiere, puiſqu'elle avoit échapé à toute la ſagacité de M. Huguens. Cependant elle n'étoit pas au fond d'une moindre importance; vû qu'il s'agiſſoit de la détermination de la dérive, ou de la connoiſſance de la vraie route du Vaiſſeau.

Cette nouvelle attaque de M. Bernoulli ne produiſit pas plus d'effet ſur l'eſprit de M. le Chevalier Renaud, que celle de M. Huguens. Il étoit ſi fort prévenu en faveur de la ſolidité des principes qu'il avoit adoptés, qu'on ne pût même parvenir à l'en faire douter. Il s'obſtina à les deffendre; mais ſa mort, arrivée peu de temps après, termina cette diſpute.

M. Bernoulli voyant donc que preſque toute la Theorie de M. le Chevalier Renaud, auſſi-bien que celle du Pere Pardies & du Pere Hotte, tom-

boit néceſſairement par les deux mépriſes, touchant la viteſſe & la dérive d'un Vaiſſeau; il publia en 1714. une nouvelle Theorie de la Manœuvre, fondée ſur des principes inconteſtables, & que perſonne avant lui n'avoit ſi ſolidement établis. Mais autant elle eſt propre à contenter les Géometres, autant elle l'eſt peu à ſatisfaire le commun des Marins.

C'eſt donc pour mettre plus à la portée de ces derniers les Principes de la Manœuvre, que je me ſuis déterminé à compoſer ce petit traité : où l'on verra que je me ſuis attaché à donner des démonſtrations plus ſimples & plus courtes, que ne ſont celles de cet illuſtre Géometre ; & à en apliquer les principes, à des formes de Vaiſſeaux plus aprochantes que les ſiennes, de celles des Vaiſſeaux ordinaires.

Un autre point très important pour la pratique de la Navigation, c'eſt la conſtruction des Tables que j'y ai jointes. Elles ſont dreſſées de maniere que les Officiers de Marine, & les Pilotes, pourront y trouver d'un coup d'œil les déterminations des viteſſes, & que par leur ſecours l'on ſera en état de donner des ſolutions ſimples, des plus importantes Queſtions ou Problemes, qui puiſſent régarder la Manœuvre

M. Bernoulli qui avoit ſenti toute l'utilité de ces Tables, n'a pas manqué d'exciter à les conſtruire, par l'expoſition des avantages qui en réſul-

teroient pour la pratique. „ La commodité qu'on „ retireroit de ces Tables (dit-il page 96.) ré- „ compenſeroit largement de toutes les peines „ qu'on auroit eu à les compoſer, car on ſeroit en „ état, non-ſeulement de diriger le Vaiſſeau pour „ faire le plus avantageuſement la route qu'on ſe „ propoſe, mais auſſi de réſoudre ſur le champ les „ plus importantes queſtions qu'on peut faire ſur „ cette matiere : comme par exemple, de gagner „ le plus au vent, de trouver les plus avantageuſes „ ſituations de la quille & de la voile, l'une & „ l'autre étant données pour fuir le vent.

Ces Tables deſirées par M. Bernoulli, ne ſont pourtant qu'une petite partie de celles que je donne au Public ; comme il ſera aiſé de le voir ſi l'on veut ſe donner la peine de l'examiner.

Ce traité eſt diviſé en neuf Sections. Les huit premieres contiennent la Theorie, les Principes de la Manœuvre ; & la neufviéme contient l'uſage des Tables, avec la réſolution des Queſtions ou des principaux Problemes, qu'on peut propoſer ſur la Manœuvre.

Nous donnons dans la premiere Section, les principes généraux, ou les loix des impulſions des fluïdes. La ſeconde contient les Principes particuliers à la Manœuvre ; nous y avons défini & expliqué ce qu'on entend par vent arriere, vent largue, vent de bouline &c. Ce que c'eſt que tenir le vent, être au vent, gagner au vent, avoir le deſ-

ſus ou l'avantage du vent, être ſous le vent.

On détermine dans la troiſiéme Section, les ſituations les plus avantageuſes des voiles & de la quille du Vaiſſeau, par raport à la ligne du vent, tant pour gagner que pour perdre au vent : en ſupoſant que la dérive eſt nulle, ou que la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau, par ſa pointe ou ſa prouë, eſt infiniment petite, par raport à la réſiſtance qu'il trouveroit en fendant l'eau par le côté.

Quoique la methode que nous avons ſuivi dans cette Section, ſoit differente de celle de M. Bernoulli, nous ſommes cependant tombé dans la même équation, ou la même formule. Cette formule avoit été donnée par M. Huguens, mais ſans démonſtration : ainſi M. Bernoulli eſt le premier qui genereuſement en ait publié l'Analiſe, dans le chapitre 5. de ſa Theorie.

Nous donnons dans la quatriéme Section les ſituations des voiles, & les dérives ; en prenant les coupes horizontales des Vaiſſeaux pour des poligones rectilignes, de tant de côtés égaux qu'on voudra, faiſant entr'eux des angles inégaux. Plus le nombre des côtés des poligones ſera grand, plus ces coupes ſeront aprochantes de celles des vraies formes des Vaiſſeaux, & plus on aprochera des juſtes déterminations. Ainſi par la methode de cette Section on connoîtra les quantités de la dérive ſi près qu'on voudra. C'eſt la voïe la plus natu-

relle & la plus ſûre, attendu l'irregularité des courbures des Vaiſſeaux. Mais comme cette methode d'aproximation eſt très longue & très penible, nous faiſons dans la cinquiéme Section les mêmes ſupoſitions que M. Bernoulli, en conſiderant les coupes horizontales de la carenne, comme compoſées de deux ſegmens de cercle égaux, joints par une corde commune, qui répreſente la direction de la quille.

La Theorie des impulſions des fluides ſur les ſurfaces courbes, eſt une des plus importantes & des plus utiles aplications qu'on ait fait de la methode des nouveaux calculs. C'eſt par le ſecours de ces calculs, que pluſieurs grands Géometres ont determiné la courbe, dont la révolution autour d'une ligne droite, forme la ſurface courbe qu'il faut donner à la partie d'un Vaiſſeau qui eſt dans l'eau, afin qu'il trouve de la part de l'eau la moindre réſiſtance qui ſoit poſſible.

Cette forme la plus avantageuſe qu'il faudroit donner aux Vaiſſeaux, ſupoſe, que les Vaiſſeaux ſoient exempts de dérive, ou que leur ſillage ſoit toujours dans la direction de la quille; ce qui ne peut arriver que lorſque le Vaiſſeau fait route de vent arriere.

Nous donnons dans la ſixiéme Section les raports des viteſſes du Vaiſſeau, ſuivant la quantité differente de la dérive : elles ſont toujours rélatives aux differentes poſitions des voiles. Nous

avons determiné les viteſſes, non-ſeulement par raport aux angles des voiles & de la quille, mais auſſi par raport aux differens angles d'incidence du vent ſur les voiles, & aux differentes forces ou viteſſes reſpectives du vent, auſſi-bien qu'aux differentes quantités des voiles.

Comme M. Bernoulli a déterminé dans les Actes de Leypſick, dans les Journaux des Savans,& dans le chapitre 14. de ſa Theorie,la nature des courbes des voiles enflées par le vent, nous nous diſpenſerons d'en parler ici. Nous raporterons ſeulement la regle qu'il a donnée pour trouver la direction moyenne de l'effort du vent ſur les voiles; enſorte que l'effet de la courbure des voiles,ſe reduit au ſimple changement des voiles plates: comme l'avoit remarqué M. le Chevalier Renaud. Pour ce qui eſt des poſitions les plus avantageuſes des Mats, des Vergues, on pourra voir le ſavant Traité de la Mâture des Vaiſſeaux par M. Bouguer; Ouvrage qui a remporté le prix propoſé par l'Academie, en 1727.

Dans la ſeptiéme Section, nous donnons la Theorie du Gouvernail. M. le Chevalier Renaud eſt je croi le premier, qui ait déterminé l'angle le plus avantageux que la barre du Gouvernail doit faire avec la quille du Vaiſſeau, pour virer le plus promptement qu'il eſt poſſible. Cet angle qui eſt le même que l'angle le plus avantageux des aîles des moulins à vent ordinaires, a été trouvé par le

Pere

Pere Hotte, par M. Hûguens, par Mrs. Parent & Guinée. M. Bernoully en a fait un petit Corolaire de ſa formule ſur la ſituation la plus avantageuſe de la voile. Nous avons déterminé le même angle, en y faiſant entrer la dérive du Vaiſſeau, au lieu qu'on a ſupoſé juſqu'ici que la dérive étoit nulle.

Comme le méchaniſme de la Rame a beaucoup de raport avec celui du Gouvernail, nous donnons dans la huitiéme Section la Theorie de la Rame, par où l'on connoîtra la proportion qu'on doit donner aux parties de la Rame, pour que la force des Rameurs ſoit apliquée le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible.

Nous donnons dans la neufviéme Section, les réſolutions des plus importantes queſtions qu'on peut faire ſur la Manœuvre. Si les huit premieres Sections ne regardent que la Theorie, celle-ci n'eſt que pour la Pratique. Toutes les Solutions y ſont déduites des principes établis dans la Theorie, ſans employer aucun calcul algebrique ; afin de la mettre plus à la portée des Pilotes.

Nous commençons cette Section par la conſtruction & les uſages des Tables, pour la pratique : & nous faiſons connoître quelques défauts eſſentiels, dans leſquels on tombe ſouvent dans la pratique.

Supoſé qu'un Vaiſſeau ſoit prêt à partir, ou à faire voile, l'angle du rumb ou de la ligne du vent & de la route étant connu, on trouvera par le

premier Probleme, la ſituation qu'il faut donner aux voiles, & la quantité de la dérive.

Par le ſecond & le troiſiéme Probleme, on trouvera le raport des viteſſes ou ſillages des Vaiſſeaux.

Nous donnons dans le quatriéme, une methode de connoître ſur Mer les viteſſes relatives du vent.

Par le cinquiéme & le ſixiéme, on connoîtra les raports entre les differentes viteſſes d'un ou de pluſieurs Vaiſſeaux, dans toutes les varietés qui peuvent arriver dans la poſition des voiles, la direction & la force du vent.

On pourra connoître & calculer par le ſeptiéme Probleme, l'avantage qu'il y a de donner aux voiles l'angle le plus avantageux, marqué dans nos Tables.

Par le huitiéme, nous faiſons une comparaiſon des viteſſes ou ſillages de deux Vaiſſeaux, dont l'un fait route de vent largue, & l'autre à la bouline.

Nous donnons par le neufviéme Probleme, la methode de calculer la quantité dont un Vaiſſeau perd au vent, en faiſant route de vent largue; & la quantité dont il gagne au vent, en faiſant route de vent de bouline.

Si deux Vaiſſeaux ou deux Flotes ſe diſputent l'avantage du vent, & que pour cet effet les uns ſerrent le vent au plus près, pendant que les au-

ERRATA.

PAge neuviéme, *ligne* cinquiéme, au lieu de l'avent, *liſez* l'avant.
ibid. l. 18 & 20, fillage, *liſez* fillage.
ibid. l. 24 & 26, diminuent, *liſez* diminuant.
ibid. l. 10, faira, *liſez* fera.
P. 14, *l.* 12, ſubſtituent, *liſez* ſubſtituant.
ibid. l. 13, achevent, *liſez* achevant.
ibid. l. 15, dens, *liſez* dans.
P. 19, *l.* 5, 14, 32, d'incidences, *liſez* d'incidence.
ibid. l. 20, cella, *liſez* cela.
P. 21, *l.* 29, r, t, y, *liſez* p, t, g.
P. 23, *l.* 4, loharithme
ibid. l. 6, logarithime } *liſez* logarithme.
ibid. l. 16, longarithme
ibid. l. 22, premier, *liſez* premiere.
P. 25, *l.* 6, 7, tengante, *liſez* tangente.
ibid. l. 12, 21, rectiſligne, *liſez* rectiligne.
P. 27, *l.* 6, Vaiſſeaux, *liſez* Vaiſſeau.
ibid. l. 33, M. Bernouille *liſez* M. Bernoully.
P. 29, *l.* 1, ſe mût, *liſez* ſe meut.
P. 30, *l.* 20, 21, ſe mût, *liſez* ſe meut.
ibid. l. 22, reſiſtent, *liſez* reſiſtant.
P. 31, *l.* 10, ſubſtituent, *liſez* ſubſtituant.
P. 32, *l.* 30, ſubſtituent, *liſez* ſubſtituant.
P. 33, *l.* 11, derive : *liſez* dérives :
P. 36, *l.* 7, tengente, *liſez* tangente.
ibid. l. 23, augmentent, *liſez* augmentant.
P. 36, *l.* 18, meſures, *liſez* meſure.
P. 39, *l.* 32, Art. 68. *liſez* Art. 67.
P. 41, *l.* 17, mouvente, *liſez* mouvante.
P. 56, *l.* 1, de rame, *liſez* de la Rame.
P. 57, antepenult. tirera, *liſez* tirer.
P. 59, *l.* 5, augmentent, *liſez* augmentant.
P. 63, *l.* 5, qui a donné, *liſez* qui ay donné.
P. 64, *l.* 16, dit que, *liſez* dit.
P. 65, *l.* 5, du moins, *liſez* de moins.
P. 66, *l.* 17, 66 minutes 30 degrés, *liſez* 66 degrés 30 minutes
ibid. l. 27, nort nort d'eſt, *liſez* nord nord eſt.
P. 74, *l.* 16, après PROBLEME VI. il faut mettre à la ligne Art. 118.
ibid. l. 4, & penult. des, *liſez* les.
P. 76, *l.* 27, au produit 817, *liſez* au produit de 817.
P. 80, *l.* 23, $\frac{m}{t^2}$, *liſez* $\frac{t}{t^2}$.
P. 82, *l.* 5, 87, *liſez* 817.
P. 82, *l.* 15, 88723, *liſez* 98723.
P. 81, *l.* 19, après EXEMPLE, il faut mettre à la ligne Art. 127.
P. 83, *l.* 24, riſque, *liſez* riſquer.
ibid. l. 25, avantageux que plus petit, *liſez* avantageux, que de le faire plus petit:
ibid. derniere, des, *liſez* de.
ibid. l. 8, ce qui fait, *liſez* cela fait.
P. 86, *l.* 4, l'oxodromique. *liſez* Loxodromique.
P. 88, *l.* 13, après EXEMPLE, il faut mettre à la ligne Art. 134.
P. 95, *l.* 10, portent, *liſez* portans.
ibid. l. 13, route alors, il, *liſez* route, Alors il.
ibid. art. 69, *calcul des des viteſſes*, liſez *calcul des viteſſes*.

Digitized by Google

PRIVILEGE DU ROY.

LOUIS par la grace de Dieu Roy de France & de Navarre : A nos amez & feaux Conſeillers, les Gens tenans nos Cours de Parlement, Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel, Grand Conſeil, Prevôt de Paris, Baillifs, Sénéchaux, leurs Lieutenans Civils, & autres nos Juſticiers qu'il appartiendra, Salut. Notre bien amé & féal le *Sieur Jean Paul Bignon, Conſeiller ordinaire en notre Conſeil d'Etat, & Preſident de notre Academie Royale des Sciences*, Nous ayant fait très-humblement expoſer, que depuis qu'il Nous a plû donner à notredite Academie, par un Reglement nouveau, de nouvelles marques de notre affection, elle s'eſt appliquée avec plus de ſoin à cultiver les Sciences, qui ſont l'objet de ſes exercices; en ſorte qu'outre les Ouvrages qu'elle a déja donnez au Public, elle ſeroit en état d'en produire encore d'autres, s'il Nous plaiſoit lui accorder de nouvelles Lettres de Privilege, attendu que celles que Nous lui avons accordées en datte du 6. Avril 1699. n'ayant point de tems limité, ont été déclarées nulles par un Arrêt de notre Conſeil d'Etat du 13. Août 1713. Et deſirant donner au ſieur Expoſant toutes les facilitez & les moyens qui peuvent contribuer à rendre utiles au Public les travaux de notredite Académie Royale des Sciences, Nous avons permis & permettons par ces Preſentes à ladite Academie, de faire imprimer, vendre ou débiter dans tous les lieux de notre obéiſſance, par tel Imprimeur qu'elle voudra choiſir, en telle forme, marge, caractere, & autant de fois que bon lui ſemblera, *toutes ſes Recherches ou Obſervations journalieres, & Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Aſſemblées*; comme auſſi *les Ouvrages, Memoires ou Traitez de chacun des Particuliers qui la compoſent*, & generalement tout ce que ladite Academie voudra faire paroître ſous ſon nom, après avoir fait examiner leſdits Ouvrages, & jugé qu'ils ſont dignes de l'impreſſion; & ce pendant le tems de *quinze années* conſecutives, à compter du jour de la datte deſdites Preſentes. Faiſons défenſes à toutes ſortes de perſonnes de quelque qualité & condition qu'elles ſoient, d'en introduire d'impreſſion étrangere dans aucun lieu de notre Royaume; comme auſſi à tous Imprimeurs, Libraires & autres, d'imprimer, faire imprimer, vendre, faire vendre, débiter ni contrefaire aucun deſdits Ouvrages imprimez par l'Imprimeur de ladite Academie, en tout ni en partie, par extrait, ou autrement, ſans le conſentement par écrit de ladite Academie, ou de ceux qui auront droit d'eux : à peine contre chacun des contrevenans de confiſcation des Exemplaires contrefaits au profit de ſon-

dit Imprimeur, de trois mille livres d'amende, dont un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris, un tiers audit Imprimeur, & l'autre tiers au Dénonciateur, & de tous dépens, dommages & interêts; à condition que ces Presentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, & ce dans trois mois de ce jour: que l'Impression de chacun desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume & non ailleurs, & ce en bon papier & en beaux caracteres, conformément aux Reglemens de la Librairie; & qu'avant que de les exposer en vente, il en sera mis de chacun deux Exemplaires dans notre Bibliotheque publique, un dans celle de notre Château du Louvre, & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur Daguesseau; le tout à peine de nullité des Presentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire joüir ladite Academie, ou ses ayans cause, pleinement & paisiblement, sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie desdites Presentes qui sera imprimée au commencement ou à la fin desdits Ouvrages, soit tenuë pour dûëment signifiée, & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amez & féaux Conseillers & Secretaires, foi soit ajoûtée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent de faire pour l'execution d'icelles tous actes requis & necessaires, sans demander autre permission, & nonobstant clameur de Haro, Chartre-Normande, & Lettres à ce contraires. Car tel est notre plaisir. Donné à Paris le vingt-neuviéme jour du mois de Juin l'an de grace mil sept cens dix-sept, & de notre Regne le deuxiéme. Par le Roy en son Conseil.

Signé, FOUQUET.

Il est ordonné par l'Edit du Roy du mois d'Août 1686. & Arrêt de son Conseil, que les Livres dont l'impression se permet par Privilege de Sa Majesté, ne pourront être vendus que par un Libraire ou Imprimeur.

Registré le present Privilege, ensemble la Cession écrite ci-dessous, sur le Registre IV. de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris, p. 155. N. 205. conformément aux Reglemens, & notamment à l'Arrêt du Conseil du 13. Août 1703. A Paris le 3. Juillet 1717.

Signé, DELAULNE, *Syndic.*

Nous soussigné Président de l'Academie Royale des Sciences, déclarons avoir en tant que besoin cedé le present Privilege à ladite Academie, pour par elle & les differens Academiciens qui la composent, en joüir pendant le tems & suivant les conditions y portées. Fait à Paris le premier Juillet 1717. *Signé*, J. P. BIGNON.

Digitized by Google

tres donnent aux voiles & à la quille les diſpoſitions les plus avantageuſes ; nous déterminons l'avantage de ces derniers par le dixiéme Probleme.

Comme dans un gros temps on met quelquefois le Vaiſſeau côté à travers, on connoîtra à peu près par le onziéme Probleme, le chemin qu'un Vaiſſeau peut faire en préſentant le côté au vent.

Les Vaiſſeaux ne portent pas toujours la même quantité de voiles ; nous donnons par le douziéme Probleme, les Regles pour connoître & calculer les ſillages, ſuivant les differentes quantités de ſuperficies des voiles.

Enfin par le treiziéme, nous comparons les ſillages d'un Vaiſſeau dans ſes differentes voilures ; vent arriere, vent largue, & vent de bouline.

Outre les Solutions de ces Problemes, que nous avons rendu ſenſibles par des Exemples, nous donnons encore pluſieurs Regles générales, pour connoître l'effort abſolu de la réſiſtance de l'eau, ſur la prouë & le corps du Vaiſſeau, celui du vent ſur la ſurface des voiles, & la viteſſe abſoluë du vent.

EXTRAIT DES REGISTRES

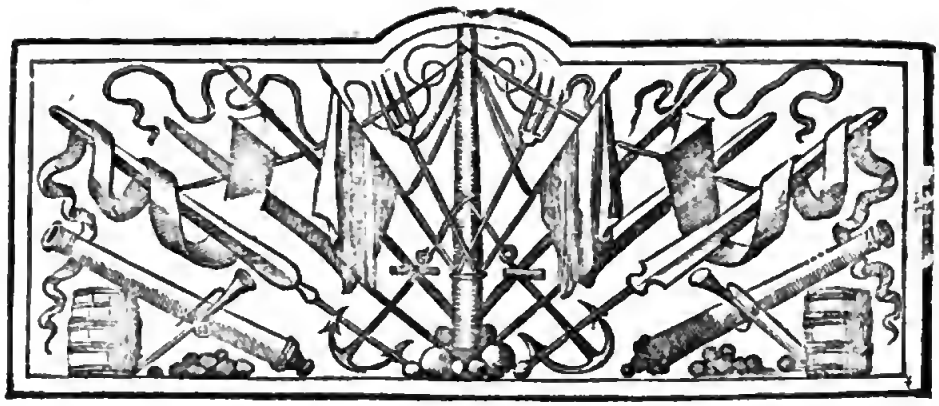
De l'Academie Royale des Sciences.

Du 14. Fevrier 1731.

MESSIEURS Nicole & l'Abbé de Bragelonne, qui avoient été nommés pour examiner un Ouvrage de Monſieur Pitot, ſur la Manœuvre des Vaiſſeaux ; dans lequel après avoir donné des Regles pour arriver à la connoiſſance de la dérive & de la viteſſe des Vaiſſeaux, en ſupoſant que chaque demi-coupe horizontale priſe à differentes diſtances de la quille, ſont non-ſeulement des Poligones ſemblables de tant de côtés égaux qu'on voudra, faiſant entr'eux des angles inégaux ; mais encore en ſupoſant que chaque demi-coupe ſoit un ſegment de cercle d'un nombre de degrés quelconque ; il s'eſt attaché principalement à réduire en Pratique la Theorie de cette partie de la Navigation, donnée en 1714. par Monſieur Bernoulli ; en ayant fait leur raport. La Compagnie a jugé qu'au moyen des Tables conſtruites par Monſieur Pitot, & dont on peut faire aiſément uſage avec une legere teinture des Mathematiques, cet Ouvrage ne pouvoit être que très utile, non-ſeulement pour diriger les Vaiſſeaux dans leur route, mais auſſi pour donner ſur le champ la réſolution des plus importantes queſtions de la Manœuvre, relativement à des ſupoſitions qui ne peuvent cauſer que de petites erreurs. En foi de quoi j'ai ſigné le preſent Certificat. A Paris le 18. Fevrier 1731.

FONTENELLE, *Sec. perp. de l'Ac. R. des Sc.*

LES PRINCIPES



LES PRINCIPES
DE LA MANŒUVRE
DES VAISSEAUX.

SECTION I.

Des Principes generaux.

1 LORSQU'UNE ſurface reçoit l'impulſion d'un fluide, on peut conſiderer indifferemment que le fluide ſe meut contre la ſurface, ou que la ſurface ſe meut dans le fluide, ou qu'enfin la ſurface & le fluide ont chacun une partie de la viteſſe reſpective avec laquelle la ſurface reçoit l'impulſion du fluide.

2. Les forces des impulſions d'un fluide contre une

même ſurface avec differentes viteſſes ſont en raiſon doublée de ces mêmes viteſſes. Ce principe eſt generalement reçû, il eſt conforme à l'experience, & on le démontre communément en ce que lorſque le fluide a plus de viteſſe, chaque petite partie du fluide frappe avec plus de force à raiſon de ſa viteſſe, & il y a dans le même temps un plus grand nombre des parties qui frappent à raiſon encore de ſa viteſſe, ce qui fait une raiſon doublée. Cette démonſtration n'eſt à la vérité que Phyſique, nous en avons donné une Géometrique dans les Mémoires de l'Academie de 1725. page 91. en admettant l'hipotheſe de Galilée ſur la chûte des corps.

3. Les impulſions obliques d'un fluide contre une même ſurface ſont en raiſon doublée des ſinus des angles d'incidence.

FIG. 1. Si *A B* eſt une ſurface oblique à la direction *R B* d'un fluide, la perpendiculaire *A P* à cette direction ſera le ſinus d'incidence, *A B* étant pris pour le ſinus total; or il eſt viſible que la quantité des parties du fluide qui rencontreroient la ſurface ſi elle étoit perpendiculaire, eſt à la quantité des parties qui la rencontrent obliquement, comme *A B* eſt à *A P*; mais de plus c'eſt une maxime reçûë & démontrée que l'impreſſion perpendiculaire de chaque partie du fluide eſt à leurs impreſſions obliques comme le ſinus total, au ſinus d'incidence de l'obliquité, ou comme *A B* eſt à *A P*, ce qui fait une raiſon doublée.

4. Si un même fluide rencontre pluſieurs ſurfaces inégales ſous un même angle d'incidence, les forces des impreſſions ſur chaque ſurface, ſeront dans la raiſon ſimple de la grandeur des ſurfaces. Ce principe n'a pas beſoin de démonſtration.

5. Il ſuit des principes précédens, que ſi un fluide rencontre des ſurfaces inégales avec des viteſſes inégales, les forces des impulſions ſeront en raiſon com-

poſée de la raiſon ſimple des ſurfaces, & de la raiſon doublée des viteſſes.

6. Que ſi un fluide rencontre avec une même viteſſe des ſurfaces inégales & ſous des angles d'incidence differens, les impulſions ſeront en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſurfaces, & de la doublée des ſinus d'incidence.

7. Mais ſi des ſurfaces égales reçoivent l'impreſſion d'un fluide avec des viteſſes inégales, & ſous des angles inégaux, les forces des impulſions ſeront dans ce cas en raiſon compoſée de la doublée des viteſſes, & de la doublée des ſinus d'incidence.

8. Si enfin des ſurfaces inégales reçoivent l'impulſion d'un fluide avec des viteſſes inégales & des angles d'incidence inégaux, les forces des impreſſions ſur chaque ſurface ſeront en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſurfaces, de la doublée des viteſſes, & de la doublée des ſinus d'incidence.

9. Sous quel angle d'incidence qu'une ſurface plane reçoive l'impulſion d'un fluide, la détermination ſelon laquelle cette ſurface eſt pouſſée par le fluide eſt toujours, ſuivant une ligne perpendiculaire à la ſurface. Ainſi dans quelle direction *C D*, *C E*, *C F*, que la ſurface *A B*, ſoit pouſſée, ſa détermination ſera toujours ſuivant la ligne *C G* qui lui eſt perpendiculaire. FIG. 2.

10. On peut exprimer en lignes les forces relatives des impulſions d'un fluide ſur pluſieurs ſurfaces, comme du vent ſur pluſieurs voiles planes; ſi l'on prend, par éxemple, la ligne *A E* pour l'expreſſion de la force totale ou perpendiculaire du vent ſur la voile, & ſi *A P* eſt le ſinus d'incidence de la direction du vent ſur la même voile, *A Q* ſera l'expreſſion de la force relative du vent; car par l'article 3. la force de l'impulſion perpendiculaire ſur la voile *A B* eſt à la force de l'impulſion oblique comme le quarré du ſinus FIG. 1.

total, eſt au quarré du ſinus d'incidence, ou comme $\overline{AB}^2$ eſt à $\overline{AP}^2$, or à cauſe des triangles ſemblables ABP, APQ, on a $\therefore AB, AP, AQ$, & $AB, AQ :: \overline{AB}^2. \overline{AP}^2$. donc &c.

11. Si pluſieurs ſurfaces planes ſituées diverſement, & faiſant entre elles des angles invariables, reçoivent en même temps l'impulſion d'un fluide, chaque ſurface aura ſa détermination particuliere; mais on peut toujours par la theorie des mouvemens compoſés, trouver une détermination moïenne, qui partage également les efforts de part & d'autre, & réduire par conſéquent la ſomme des impreſſions ou efforts faits ſur toutes les differentes ſurfaces à une impreſſion faite ſur une ſeule ſurface perpendiculaire à la ligne de la détermination moyenne, que nous appellerons ligne moyenne de la force mouvante.

12. Mais une ſurface courbe pouvant toujours être conſiderée comme compoſée d'une infinité de petites ſurfaces droites ou plans élementaires, & chacun de ces petits plans ayant ſa détermination particuliere; la ſurface courbe a par conſequent une infinité de déterminations differentes, entre leſquelles il y en a une moyenne que nous nommerons ligne de la détermination moyenne: D'où il ſuit que dès qu'on eſt parvenu à connoître la détermination moyenne ſelon laquelle une ſurface courbe eſt pouſſée par un fluide, on peut regarder cette ſurface comme une ſurface plane, ſur le plan de laquelle, par l'art. 9. la ligne de la détermination moyenne doit être toujours perpendiculaire. Nous pouvons donc 1°. conſiderer les voiles comme des ſurfaces planes. 2°. réduire les déterminations particulieres de pluſieurs voiles à une ſeule détermination moyenne qui partage également les efforts ou impreſſions du vent fait de part & d'autre ſur les differentes voiles.

Digitized by Google

SECTION II.

Du mouvement d'un Vaiſſeau, & des principes particuliers de la manœuvre.

POur faciliter l'intelligence des principes de la manœuvre ſoit *HM* la quille d'un Vaiſſeau, *M* la prouë, & *H* la poupe, *AB* le rumb du vent, que nous appellerons toujours la ligne du vent. *CD* la voile plane, à laquelle nous ſupoſons avoir réduit toutes les autres par les articles 11. & 12. la perpendiculaire *BG* à cette voile ſera la ligne de la force mouvante. FIG. 3.

13. Lorſqu'un Vaiſſeau en repos eſt mis en mouvement par l'action du vent ſur les voiles, ſa viteſſe ou ſon ſillage doit augmenter & s'accelerer peu à peu juſques à ce que l'action de l'eau ſur la prouë & le corps du Vaiſſeau ſoit égale à celle du vent ſur les voiles; or l'action étant toujours égale & directement oppoſée à la réaction, la direction ſelon laquelle le Vaiſſeau eſt repouſſée par l'eau qu'il rencontre, doit être toujours la même que la ligne de la force mouvante. C'eſt ici le point principal de toute la theorie de la manœuvre; c'eſt-à-dire, que la réſiſtance moyenne de l'eau contre le Vaiſſeau doit être égale & directement oppoſée à la force moyenne du vent ſur les voiles, pour que les axes d'équilibre, de la réſiſtance de l'eau, & de la force du vent ſe répondent directement en ligne droite.

14. Mais quoiqu'un Vaiſſeau ſoit pouſſé dans la direction de la force mouvante *BG*, il ne peut cependant ſe mouvoir & faire ſa route dans cette même direction, que lorſque *BG* partage egalement de part & d'autre les effo.ts de l'eau ſur le Vaiſſeau, ce qui

ne peut arriver que lorſque la ligne de la force mouvante eſt paralelle à la quille, ou que le Vaiſſeau fait vent arriere, la forme des Vaiſſeaux étant telle que la quille les partage toujours en deux parties égales & ſemblables.

15. Pour qu'un Vaiſſeau fît toujours ſa route ſuivant la ligne de la force mouvante *B G*, il faudroit que ſa forme fût telle, qu'il trouvât partout une égale réſiſtance à fendre l'eau, ce qui ne convient qu'à la forme cylindrique ou ſpherique.

16. Si la réſiſtance qu'un Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe ou par ſa prouë *M*, étoit infiniment petite par raport à ſa réſiſtance à fendre l'eau par ſon côté, ſa route ſe feroit toujours dans la direction de la quille *H M*.

17. Mais cette réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe, n'étant ni nulle, ni infiniment petite par raport à la réſiſtance qu'il trouve à fendre l'eau par ſon côté, le Vaiſſeau pouſſé dans la direction *B G* doit prendre & ſuivre une route moyenne *B L* entre *B G* & *B M*.

18. La pratique ordinaire des Marins eſt de ditiger & de mettre la quille dans la ligne de la route qu'on veut faire, ou qu'on veut courir, en portant toujours la prouë ou le cap dans cette ligne par le jeu du gouvernail. Mais plus l'angle *M B G* de la quille & de la ligne de la force mouvante eſt grand, plus la ligne de la route *B L* que le Vaiſſeau parcourt, s'éloigne de la quille ou de la route qu'il devroit parcourir où l'angle *M B L* devient plus grand. Cet angle eſt appellé l'angle de la dérive.

19. Dans toutes les routes de Navigation l'angle *A B M* du rumb ou de la ligne du vent *A B*, & de la quille *B M*, ou de la route qu'on veut faire, eſt toujours connu ou donné. L'objet principal de la manœuvre eſt 1°. de connoître pour chaque angle *A B M* la

poſition de la voile *C D*, & déterminer par là la direction de la ligne moyenne de la force mouvante *B G*. 2°. De trouver avec l'angle *M B G* la ligne de la route *B L*, & par conſequent l'angle de la dérive *M B L*; après quoi tous les autres angles ſeront connus; ſçavoir l'angle *A B D* de la ligne du vent & de la voile. L'angle *D B M* de la voile & de la quille. L'angle *A B L* de la ligne du vent & de la route que le Vaiſſeau parcourt; & ſi l'on veut, l'angle *A B G* de la ligne du vent & de la ligne de la force mouvante. L'angle *D B L* de la voile & de la route, & enfin l'angle *L B G* de la ligne de la route, & de celle de la force mouvante.

20. Lorſque l'angle *A B M* de la ligne du vent & de la quille vaut deux angles droits ou environ, on dit que le vaiſſeau fait vent arriere, ſi ce même angle eſt droit, on dit vent de quartier, s'il eſt obtus, vent largue, & s'il eſt aigu, vent de Bouline. Il y a pourtant quelques diſtinctions à faire là-deſſus que nous expliquerons dans l'uſage de nos tables.

21. S'il y a quatre Vaiſſeaux marqués par 1. 2. 3. & 4. & qu'on tire par le premier une ligne *B R S B* perpendiculaire à la ligne du vent *A B*, les Vaiſſeaux 1. & 2. ſeront également au vent, le troiſiéme Vaiſſeau ſera au vent du premier de la quantité *B R*, & le quatriéme ſera ſous le vent du premier de la quantité *B S*; ainſi le Vaiſſeau 3. aura l'avantage du vent ſur les trois autres. FIG. 4.

22. Lorſque l'angle de la ligne du vent & de la route eſt droit, le Vaiſſeau tient toujours également le vent. Lorſque cet angle eſt aigu le Vaiſſeau gagne au vent, & lorſqu'il eſt obtus le Vaiſſeau pert au vent: ainſi ſi l'on ſupoſe dans les quatre Vaiſſeaux que la ligne de la roure ſoit dans la direction de la quille, le quatriéme Vaiſſeau tiendra également le vent, parce que l'angle *A B M* eſt droit; le premier gagnera au vent, l'angle *A B M* étant aigu; & le ſecond & troiſiéme perdront au vent, ce même angle étant obtus. FIG. 4.

23. Entre tous les angles *A B M* qu'on peut prendre pour gagner au vent, il y en a toujours un qui eſt le plus avantageux ; car il eſt évident que plus on veut ſerrer le vent ou aller près du vent, plus l'angle *A B M* eſt aigu ; mais paſſé un certain point, ſi on vouloit faire cet angle plus aigu, ou ſerrer le vent de plus près, on trouveroit un déſavantage conſiderable, & cela par deux cauſes principales ; la premiere, que la voile *B D* étant toujours entre la ligne du vent, & la quille ou dans l'angle *A B M*, l'angle *A B D* devient trop aigu, & l'action du vent ſur la voile fort petite, les impulſions étant (par l'art.) comme les quarrés des ſinus d'incidence, ce qui diminuëroit beaucoup le ſillage du Vaiſſeau. La ſeconde, que plus l'angle *D B M* de la voile & de la quille eſt aigu, plus l'angle *M B G* de la quille & de la ligne de la force mouvante approche de l'angle droit, l'un étant toujours le complement de l'autre. Or il eſt évident que plus l'angle *M B G*, approche de l'angle droit ; plus le Vaiſſeau eſt pouſſé par le côté, ce qui peut augmenter ſa dérive ou l'angle *M B L* au point de le faire abbattre, & de lui faire perdre par la dérive beaucoup plus qu'on auroit dû gagner en diminuant l'angle *A B M*.

24. De ce que plus on diminuë l'angle *A B M*, plus celui de la derive *M B L* augmente, il s'enſuit qu'il doit y avoir un point d'égalité entre la diminution de l'un & l'augmentation de l'autre ; c'eſt-à-dire que ſi à ce point on diminuë le premier d'un degré, le ſecond augmentera d'un degré, ce qu'il eſt bon d'obſerver ; car c'eſt là ce qui détermine le plus petit angle que la ligne de la route puiſſe faire avec la ligne du vent.

25. Il eſt évident qu'entre toutes les directions qu'on peut donner à la quille par raport à la ligne du vent pour fuir ou perdre au vent, la plus avantageuſe eſt la même que la ligne du vent, l'angle *A B M* étant égal à deux angles droits, le Vaiſſeau ayant pour lors le

le vent en poupe, ou faiſant vent arriere, il eſt cependant vrai de dire que comme les Vaiſſeaux ont pluſieurs mats lorſqu'on a le vent en poupe, les voiles des mats de l'arriere dérobent le vent aux voiles des mats de lavent, ce qui fait que le vent arriere n'eſt pas par cette raiſon, ſi avantageux que le vent largue qui porte dans toutes les voiles; mais cette exception n'a rien d'oppoſé aux principes & aux regles de la manœuvre. Car dans ce cas il ne faut avoir égard qu'aux voiles expoſées à l'action du vent, & conſiderer que de vent arriere la force motrice qui pouſſe le Vaiſſeau eſt moindre que celle de vent largue par la moindre quantité des voiles.

26. L'angle *A B M*, ou la direction de la quille par raport à la ligne du vent, étant connu ou donné, je dis que la poſition de la voile *C D* n'eſt point arbitraire, & qu'il doit y avoir un angle *A B D*. ou *D B M* le plus avantageux pour le fillage du Vaiſſeau; car plus l'angle *M B G* eſt petit, plus la direction de la force mouvante s'approche de celle de la quille. Or le fillage du Vaiſſeau eſt d'autant plus grand, que la ligne de la force mouvante approche plus du point de la moindre reſiſtance du Vaiſſeau à fendre l'eau, ou de la direction de ſa quille: mais en diminuent l'angle *M B G* on diminuë auſſi l'angle *D B A*, puiſque l'angle *D B G* eſt toujours droit, & en diminuent l'angle *D B A*. On diminuë la force motrice ou l'action du vent ſur la voile, puiſque le ſinus d'incidence diminuë. Il y a donc un point moyen où l'angle *A B D* de la ligne du vent & de la voile eſt le plus avantageux. Ce que nous venons de dire pour le cas du vent étroit, ou lorſqu'on fait route en gagnant au vent, s'applique de ſoi-même au cas du vent largue, ou qu'on fait route en perdant au vent. Je paſſe à la recherche de ces angles les plus avantageux en ſuppoſant d'abord, comme ont fait Mrs Huguens & Bernouli, que la dérive eſt nulle, ou que

la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe eſt nulle, ou infiniment petite par raport à ſa réſiſtance à fendre l'eau par ſon côté; nous ſuivrons à peu près la méthode que nous avons donnée dans les Mémoires de l'Academie de 1727.

SECTION III.

Des ſituations les plus avantageuſes de la quille & de la voile d'un Vaiſſeau, pour gagner & pour perdre un vent, ou pour faire route en ſerant le vent, ou près du vent, & en fuyant le vent ou de vent largue.

27. POur trouver la ſituation la plus avantageuſe de la voile *C D*, la ligne de la route ou de la quille étant donnée dans la direction *B K F* (fig. 6. & 7.) il eſt clair 1°. que *A B* étant la ligne du vent, le Vaiſſeau de la fig. 6. faira route en gagnant au vent, ou près du vent; & celui de la fig. 7. en perdant au vent ou de vent largue. 2°. Que prenant un intervalle *B E* pour le ſinus total *E P*, ſera le ſinus d'incidence du vent ſur la voile. 3°. Qu'ayant mené *B G* perpendiculaire ſur la voile, & *G K* perpendiculaire ſur la direction *B F*, ſi *B G* eſt l'expreſſion de l'effort avec lequel le Vaiſſeau eſt pouſſé dans la direction *B G* de la ligne de la force mouvante, *B K* ſera l'expreſſion de la force laterale avec laquelle il eſt pouſſé dans la direction *B F* de la route ou de la quille; d'où il ſuit qu'entre tous les angles *A B D* le plus avantageux doit donner la plus grande force laterale exprimée par *B K*, la queſtion ſe réduit donc à trouver l'expreſſion de *B K*, & en prendre le *maximum* par la méthode du calcul differentiel: Pour cela ayant décrit du point *E* & de l'intervalle *E B* pris pour ſinus total, le quart de cercle *T B S*, mené, la parallele *E N* a *B F* ſur laquelle on menera la perpendiculaire *B V*, & la perpendiculaire *E Q*, & enfin ſur la

ligne SEF perpendiculaire à la ligne du vent, mener la perpendiculaire NM.

28. Soit nommé le sinus total BE (a) le sinus d'incidence PE, x, & les données ME, b, & MN c. Par l'art. 3. l'impulsion perpendiculaire du vent sur la voile est à son impulsion oblique comme $\overline{EB}^2$ ou $\overline{ES}^2$ est à $\overline{EP}^2$ :: $aa.xx$ :: $a\frac{xx}{a}$ ainsi exprimant par (a) la force totale de l'impression perpendiculaire du vent sur la voile $\frac{xx}{a}$ sera celle de l'impression oblique ou la valeur de BG. Or les triangles semblables NME, BPF donnent $NM(c)$ $ME(b)$ :: BP, $\sqrt{aa-xx}$. PF $\frac{b}{c}\sqrt{aa-xx}$. d'où l'on tire dans le cas que le Vaisseau gagne au vent fig. 6. $EF = \frac{b}{c}\sqrt{aa-xx}-x$ & dans le cas qu'il perd au vent fig. 7. $EF = \frac{b}{c}\sqrt{aa-xx}+x$, mais les triangles semblables EMN, EQF donnent EN, a; NM, c :: EF, $\frac{b}{c}\sqrt{aa-xx}\pm x$ de l'un & l'autre cas, sera à EQ $\frac{a}{b}\sqrt{aa-xx}\pm\frac{cx}{a}$ & de plus les triangles semblables BEV, ou BEQ & BGK donnent EB a. EQ $\frac{b}{a}\sqrt{aa-xx}+\frac{cx}{a}$ :: BG $\frac{xx}{a}$, BK. $\frac{bxx\sqrt{aa-xx}\pm cx^2}{a^3}$ valeur de la force laterale parallele à la route du Vaisseau pour l'un & l'autre cas ; SÇAVOIR, $\frac{bxx\sqrt{aa-xx}-cx^2}{a^3}$ pour le premier & $\frac{bxx\sqrt{aa-xx}+cx^2}{a^3}$ pour le second, dont il faut trouver les *maximum*, c'est pourquoi prenant pour le premier cas la diffe-

rence de $bxx\frac{\sqrt{aa-xx}-cx^3}{a^3}$ qui eſt $\frac{2baaxdx-3bx^3dx}{a^3\sqrt{aa-xx}}$ $\frac{-3cx^2dx}{a^3}$ laquelle étant égalée à zero, donne cette équation $2aab-3bxx-3cx\sqrt{aa-xx}=0$ qu'on réduit après avoir ôté l'incommenſurable, ſubtitué aa au lieu de $bb+cc$ & diviſé tout par aa) à cette autre équation $x^4-aaxx=-\frac{4}{9}aabb$. Si pour le ſecond cas on

$$-\frac{1}{3}bbxx$$

prend la difference de $\frac{bxx\sqrt{aa-xx}+cx^3}{a^3}$ on trouvera, après avoir operé à peu près de même que pour le premier cas, préciſément la même équation.

29. Cette équation renferme donc les *maximum* des deux cas, & en effet ces deux racines $xx=\frac{1}{2}aa+\frac{1}{6}bb+\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}$ ſont toutes deux réelles & poſitives; SÇAVOIR, $xx=\frac{1}{2}aa+\frac{1}{6}bb-\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}$ pour le ſinus d'incidence de l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la voile, & par conſéquent de la voile & de la quille pour gagner au vent & $xx=\frac{1}{2}xx+\frac{1}{6}bb+\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}$ pour le ſinus d'incidence de l'angle le plus avantageux pour perdre au vent ou de vent largue.

30. Puiſque l'angle ABF, ou ABQ, eſt toujours égal à l'angle MNE, dont $ME=b$ eſt le ſinus, il s'enſuit que pour trouver, ou pour calculer la valeur de l'angle le plus avantageux de la voile, & de la ligne du vent, celui de la quille & de la même ligne du

vent étant donné d'un certain nombre de degrez, dont le ſinus pris dans les Tables, ſera la valeur de b, on ſubſtituëra dans l'expreſſion ou formule de la racine $xx = \frac{1}{2} aa + \frac{1}{6} bb$ &c. les valeurs de b, & de ces puiſſances avec les valeurs de (a) ſinus total, & de ces puiſſances, & on aura celle de xx, dont la racine quarrée ſera le ſinus d'incidence le plus avantageux de la voile & de la ligne du vent. Si par éxemple l'angle de la ligne du vent & de la quille eſt de 55. degrez pour le premier cas, & de 125. pour le ſecond, on aura pour l'un & pour l'autre cas $a = 100000$. & $b = 81915$. & ſubſtituënt les puiſſances de ſes valeurs dans les formules des racines de l'un & l'autre cas, & achevent le calcul qui eſt beaucoup plus long que difficile, on trouve dens le premier cas l'angle de la ligne du vent & de la voile de 35. degrez 25. minutes, lequel étant retranché de 55. degrez, on aura l'angle le plns avantageux de la voile & de la quille de 19. degrez 35. minutes; & dans le ſecond cas on trouvera l'angle de la ligne du vent & de la voile de 70. degrez 26. minutes, & l'angle le plus avantageux de la voile & de la quille de 54. degrez 34. minutes; c'eſt par cette méthode que nous avons calculé notre troiſiéme Table pour tous les angles de 3. en 3. degrez, de la ligne du vent & de la route, tant pour gagner que pour perdre au vent; ce qui eſt ſuffiſant pour la pratique.

31. J'avois deſſein de paſſer à la recherche de l'angle le plus avantageux de la quille & de la ligne du vent, la ſituation de la voile ou l'angle qu'elle fait avec la quille érant donné; mais comme par le moïen de nos Tables l'un de ces angles étant donné, on trouve l'autre immédiatement, je ne m'y arreterai point, ayant en vûë d'être court.

32. Si la direction de la quille étoit perpendiculaire à la ligne du vent, le Vaiſſeau tiendroit également le vent, $B F$ ſeroit parallele à $E F$, les points N & M tom-

beroient en *S*, & on auroit $b = a$: ainſi pour avoir dans ce cas la ſituation la plus avantageuſe de la voile, il faut ſubſtituer (a) à la place de (b) dans $xx = \frac{1}{2}aa + \frac{1}{6}bb \pm \frac{1}{2}\sqrt{a^4 - \frac{10}{9}aabb + \frac{1}{9}b^4}$ & l'on aura $xx = \frac{2}{3}aa$ & $x = a\sqrt{\frac{2}{3}}$ ſinus de l'angle d'incidence *A B D*.

33. Pour trouver la direction la plus avantageuſe de la quille pour gagner au vent dans le cas le plus ſimple qui eſt, lorſque le plan de la voile eſt parallele à la quille, ou que l'angle *E B Q* eſt nul. La force totale *B G* de l'impulſion du vent ſur la voile *S Q*; car nous ſuppoſons pour un moment que *E D* tombe ſur *B Q*, cette force, dis-je, étant de compoſée en deux laterales *B K*, *K G*, on voit évidemment que ce n'eſt qu'en vertu de la force laterale *B K* que le Vaiſſeau peut aller dans la direction *B Q F* en gagnant au vent; car la laterale *K G* lui eſt directement oppoſée : d'où il ſuit que dans ce cas l'inclinaiſon de la voile ou de la direction de la quille *B Q F* doit être la même que celle de la voile de l'article précedent; c'eſt-à-dire, que le ſinus *A B F* doit être $a\sqrt{\frac{2}{3}}$ ou de 54. degrez 44. minutes.

34. Laiſſant maintenant la quille dans cette ſituation la plus avantageuſe pour gagner au vent, ſi l'on veut avoir celle de la voile pour avoir en même temps les deux ſituations les plus avantageuſes tant de la quille que de la voile pour gagner au vent, il eſt aiſé de voir que dans ce cas $b = \sqrt{\frac{2}{3}}\,aa$, ainſi il faut ſimplement ſubſtituer $\sqrt{\frac{2}{3}}\,aa$ à la place de (b) dans $x = \sqrt{\frac{1}{2}aa + \frac{1}{6}bb \pm \frac{1}{2}\sqrt{a^4 - \frac{10}{9}aabb + b^4}}$ & on au-

ra $x = \sqrt{\frac{11}{18}aa + \frac{5}{18}aa}$ ou $x = \sqrt{\frac{1}{3}aa}$ & $x = \sqrt{\frac{8}{9}aa}$. Or il eſt évident que c'eſt la petite racine $x = \sqrt{\frac{1}{5}aa}$ qui eſt le ſinus de l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la voile, puiſque cet angle doit être toujours moindre que celui de la ligne du vent, & de la quille, & qu'au contraire la plus grande racine $x = \sqrt{\frac{8}{9}aa}$ donneroit un angle plus grand. Cette plus grande racine n'eſt pas cependant inutile; elle eſt le ſinus de l'angle le plus avantageux de la voile, & de la ligne du vent dans le cas du vent largue, lorſque le ſinus de la ligne du vent & de la direction de la quille eſt $\sqrt{\frac{2}{3}aa}$

SECTION

SECTION IV.

Des ſituations de la voile par raport aux differentes routes & dérives des Vaiſſeaux, dont le plan de leurs coupes horiſontales de la carene eſt un poligone rectiſligne.

35. QUoique le terme de carene ne ſignifie quelquefois que la quille, on entend cependant par la carene toute la partie du Vaiſſeau, compriſe depuis la quille juſqu'à la ligne de l'eau, ou l'endroit du bordage où l'eau vient ſe terminer quand le Bâtiment eſt en Mer. Soit le profil du corps d'un Vaiſſeau repréſenté par la fig. 8. dont *B M H E* repréſente la partie enfoncée dans l'eau; cette partie eſt appellée la carene, terminée par la ligne de l'eau *B E*. Or il eſt évident qu'on peut regarder la carene comme formée par une infinité de plans ou tranches horiſontales poſées les unes ſur les autres, dont les circuits ſeront les mêmes que les contours du bordage du Vaiſſeau, correſpondans à chaque tranche. Nous prendrons dans cette ſection chaque tranche pour un poligone rectiligne que nous pourrons regarder comme la figure même du Vaiſſeau. Ces poligones, quoiqu'irreguliers, auront toujours deux moitiés parfaitement égales & ſemblables, partagées par une ligne qui diviſe le Vaiſſeau en deux également de la prouë à la poupe. Soit par éxemple le poligone *M Q H q*, fig. 12. une des tranches ou coupes horiſontales du Vaiſſeau, la ligne *M H* qu'on peut prendre pour la quille, le diviſe en deux parties égales & ſemblables.

FIG. 9. 36. Lorſqu'une ſurface plane MRN reçoit obliquement l'impulſion d'un fluide, ſuivant une direction quelconque LPR, il eſt évident 1°. que ſi l'on prend MR pour le ſinus total, MP ſera le ſinus d'incidence; 2°. que (art. 9.) la direction ſelon laquelle la ſurface eſt pouſſée par le fluide, eſt toujours perpendiculaire à la même ſurface; 3°. qu'on peut décompoſer l'expreſſion de la force avec laquelle la ſurface eſt pouſſée par l'action du fluide dans la direction RI, perpendiculaire à la ſurface en deux forces laterales, l'une ſuivant RK perpendiculaire à la direction du fluide, & l'autre ſuivant Rl parallele à la même direction. Mais (par l'art. 10) ſi l'on prend la longueur MR pour l'expreſſion de la force de l'impulſion du fluide, lorſqu'il rencontre la ſurface dans la direction perpendiculaire, MQ ſera l'expreſſion de la force de l'impulſion oblique, ſuivant l'angle d'incidence MRP: prenant donc RI perpendiculaire à la ſurface, & égale à MQ. Si l'on décompoſe cette force RI en deux laterales RK, Rl, perpendiculaires & paralleles à la direction du fluide, RK ſera l'expreſſion de l'effort perpendiculaire, & Rl celle de l'effort parallele. Si l'on fait $MR = a$, $MP = x$, PR ſera $= \sqrt{aa-xx}$, les triangles ſemblables MRP, MPQ, & RIK donnent $MR\ (a)\ MP\ (x) :: MP, x$; $MQ \frac{xx}{a} = RI$; & $MR, a, MP, x, :: MQ$, ou $RI, \frac{xx}{a}$; KI, ou $Kl, \frac{x^3}{aa}$ pour l'expreſſion de la force laterale parallele. Les mêmes triangles donnent $MR, a, PR, \sqrt{aa-xx} :: RI, \frac{xx}{a}$, $RK, \frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$ pour la laterale parallele. On aura donc pour chaque angle d'incidence les expreſſions des trois forces : SÇAVOIR;

$\frac{xx}{a}$ pour la force totale.

$\frac{x^3}{aa}$ pour la laterale parallele.

Et $\frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$ pour la laterale perpendiculaire.

37. Donc lorſque pluſieurs ſurfaces inégales reçoivent l'impulſion d'un fluide ſous des angles d'incidences égaux, les forces des impreſſions laterales, perpendiculaires, & paralleles à la direction du fluide, ſont entre elles dans la raiſon ſimple de la grandeur des ſurfaces.

38. Et lorſque les angles d'incidence ſont inégaux, les forces laterales paralleles ſont entre elles en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſurfaces & de la triplée des ſinus d'incidence ; & les laterales perpendiculaires ſont entre elles en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſurfaces, de la doublée des ſinus d'incidences, & de la raiſon ſimple des ſinus de leurs complemens.

39. Soient deux ſurfaces égales *MRN*, *Mrn*, faiſant entre elles un angle invariable, choquées par un fluide dans la direction *ML* ; en ſorte que les angles d'incidence *MRV*, *Mrv*, ſoient égaux. Cella poſé, il eſt évident 1°. que la force totale *RI* de l'impulſion ſur la ſurface *MRN* eſt égale à la force totale *ri* de l'impulſion ſur la ſurface *Mrn* ; 2°. que la laterale parallele *Rl*, eſt égale à la parallele *rl*. 3°. La laterale perpendiculaire *RK*, égale à la laterale perpendiculaire *rk* ; mais les deux laterales perpendiculaires *RK*, *rk*, étant directement oppoſées, font équilibre & ſe détruiſent mutuellement ; ainſi les deux ſurfaces ne ſont pouſſées dans la direction du fluide qu'avec la ſomme des deux efforts paralleles *Rl*, *rl*. FIG. 10.

40. Si le fluide rencontre les deux ſurfaces ſous des angles d'incidences inégaux, les forces totales *RI*, *ri*, étant de compoſées en deux laterales *RK*, *Rl* ; *rk*, *rl*, perpendiculaires & paralleles à la direction du FIG. 11.

fluide *B L*; il eſt évident que le ſinus d'incidence *M V*, étant plus grand que le ſinus d'incidence *M u*, la laterale perpendiculaire *R K* doit l'emporter ſur ſa correſpondante *r k*, & que par conſéquent les deux ſurfaces ſont pouſſées dans la direction perpendiculaire à celle du fluide avec une force exprimée par l'excès de *R K* ſur *r k*, ou par *R K — r k*, pendant qu'elles ſont pouſſées dans la direction du fluide avec une force exprimée par la ſomme des laterales paralleles, *R l*, *r l*; pour donc avoir la direction & l'effort compoſé de ſes deux efforts lateraux, on prendra ſur *L B*, prolongée *B I* égale à *R l + r l*, & la perpendiculaire *B E* égale à *R K —, r k*, la diagonale *B O* du parallelograme *B F O E*, ſera l'expreſſion de l'effort compoſé, avec lequel les deux ſurfaces ſont pouſſées par le fluide dans la direction *G B O*.

41. Tout ce que nous venons de dire ſur l'effort d'un fluide en mouvement contre les ſurfaces *M R N. M r n* en repos s'explique de ſoi-même à la réſiſtance que les mêmes ſurfaces trouveroient à fendre l'eau dans la direction *B L*, ainſi ſi ſes ſurfaces repreſentent la prouë ou l'avant d'un Vaiſſeau en forme de rhumbe ou loſange, dont *H M* ſoit la quille; *B L* ſera la ligne de la route, *B G* celle de la force mouvante, ſa perpendiculaire *D C*, la poſition de la voile, l'angle *M B L*, l'angle de la dérive : tout cela eſt évident (par les art. 9. 14. 17. &c.) On peut appliquer facilement cette méthode aux Vaiſſeaux dont les coupes horiſontales ſeroient des parallelogrames; mais il vaut bien mieux paſſer à des formes plus approchantes de celles des Vaiſſeaux ordinaires.

42. Pour déterminer la ſituation de la voile par raport à la route & à la dérive des vaiſſeaux dont les coupes horiſontales de la carene ſont des poligones rectilignes tels que *M Q H q*, je conſidere d'abord que (art. 34.) la quille *H M* diviſe toujours le Vaiſſeau

Fig. 12.

ou le poligone en deux parties égales & ſemblables, que le côté $MN = Mn$, de même $NP = np$, $PQ = pq$, & ſi par les points R, S, T, & r, s, t, milieu de chaque côté on tire les lignes TY, SX, RV, & ru, sx, paralleles à la direction BL, les angles PTY, NSX, MRV, & Mru, nsx, ſeront les angles d'incidence de l'action de l'eau ſur chaque côté ; ainſi ayant de compoſé, comme dans les 3. art. précédens, la force totale en deux laterales perpendiculaires & paralleles à la direction de la route BL, on prendra BF égale à la ſomme des forces laterales paralleles ſur tous les côtés MN, NP, PQ, & Mn, np, & enſuite BE égale à la ſomme des laterales perpendiculaires ſur les côtés MN, NP, PQ; moins la ſomme des laterales perpendiculaires ſur les côtés Mn, np, la diagonale OB, ſera comme dans l'art. précédent, la direction & la grandeur de la force moyenne de l'eau ſur la prouë ou l'avant du Vaiſſeau, laquelle doit être égale & directement opoſée à la force du vent ſur la voile; ainſi OBG ſera la ligne de la force mouvante, & ſa perpendiculaire DBC la poſition de la voile ou de la vergue, & MBL l'angle de la dérive.

43. Si l'angle MBL eſt plus grand que l'angle BMN, il eſt aiſé de voir qu'il n'y aura que la moitié $MNPQ$ du Vaiſſeau ſur laquelle ſe fera l'effort de la réſiſtance de l'eau; ainſi ayant mené par les points R, S, T, r, s, t, milieu de chaque côté, les lignes RV, SX, TY, ru, sx, ty, paralleles à la ligne de la route BL, les angles MRV, NSX, PTY, Mru, nsx, & rty, ſeront les angles d'incidence ſous leſquels les côtés du poligone recevront l'impulſion de l'eau, & ayant de compoſé la force totale de l'action de l'eau ſur chaque côté, en deux laterales perpendiculaires & paralleles à ſa direction ou à la ligne de la route BL, on prendra BF égale à la ſomme des laterales paralleles, & la perpendiculaire BE, égale à la ſomme des laterales

perpendiculaires ; car il eſt évident que dans ce cas il n'y a aucuns efforts perpendiculaires oppoſés les uns aux autres, puiſque l'action de l'eau ne ſe fait ſentir que ſur une moitié du Vaiſſeau.

44. Les angles MNP, NPQ, faits par les côtés du poligone, étant connus pour calculer facilement la valeur de l'angle LBG, pour chaque angle de la dérive MBL, nous avons dreſſé la Table 1. des forces rotales, & des laterales perpendiculaires & paralleles à la direction d'un fluide pour tous les angles d'incidence de 30. en 30. minutes, ce qui eſt ſuffiſant pour la pratique. Cette Table a beaucoup d'autres uſages que nous n'expliquerons pas ici, pour ne point ſortir de notre ſujet. Voici la méthode dont nous nous ſommes ſervis pour la dreſſer.

1°. Nous avons pris l'unité pour la grandeur de la ſurface. 2°. Supoſé que la vireſſe du fluide ou de la ſurface muë dans le fluide, étoit auſſi l'unité. 3°. Que l'impulſion perpendiculaire du fluide ſur la ſurface 1. avec la viteſſe 1. étoit 20000. Tout cela par des raiſons que nous expliquerons dans la ſuite. Or nous avons trouvé (art. 36.) en prenant (a) pour le ſinus total, & (x) pour le ſinus d'incidence, que (a) étant l'expreſſion de la force totale de l'impulſion perpendiculaire, on aura $\frac{xx}{a}$ pour celle de l'impulſion oblique $\frac{x^3}{aa}$ pour la laterale parallele, & $\frac{xxy}{aa}$ ou $\frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$, pour la laterale perpendiculaire. Pour donc avoir les forces laterales, paralleles & perpendiculaires, la force totale de l'impulſion perpendiculaire à la ſurface, étant de 20000. on fera, a ; $\frac{x^3}{aa}$ :: 20000 : $\frac{x^3 \times 20000.}{a^3}$ pour la laterale parallele ; & a : $\frac{xxy}{aa}$ :: 20000 : $\frac{xxy \times 20000}{a^3}$ = la laterale perpendiculaire. Si l'angle

d'incidence eſt par éxemple de 15. degrez, on aura, en calculant par les logarithmes, $x = 941300$. Donc $xx = 1882600$. & $xx \times 20000 = 2312703$. en ajoûtant le loharithme de 20000. qui eſt 430103. Et enfin ſi l'on ôte du logarithme de $xx \times 20000$ qui eſt 2312703. le logarithime de aa quarré du ſinus total q i eſt 2000000. on aura le logarithme de $\frac{de\,xx \times 20000}{aa} = 312703$. qui répond dans les Tables à 1340. valeur de la force totale de l'impulſion par l'angle d'incidence de 15. degrez, pour avoir le logarithme de $\frac{x^3 \times 20000.}{3}$ au logarithme de $\frac{xx \times 20000.}{aa}$ on ajoûtera le logarithme de (x), puis on retranchera le logarithme de (a) & l'on aura le logarithme de $\frac{x^3 \times 20000}{a^3} = 254003$. qui donne 34[illegible]. valeur de la laterale parallele. Enfin pour avoir le logarithme de $\frac{xx \times \sqrt{aa - xx} \times 20000.}{a^3}$ au logarithme de $\frac{xx \times 20000}{aa}$ on ajoûtera le logarithme de $\sqrt{aa - xx}$. ſinus complement qui eſt 998494. & on retranchera le logarithme de (a) ; le reſte ſera le logarithme de $\frac{xxx\sqrt{aa - xx} \times 20000}{a^3} = 311197$. qui donne 1294. valeur de la force laterale perpendiculaire. C'eſt ainſi que nous avons calculé notre premier Table.

45. Appliquons maintenant la méthode de ſe ſervir de la Table à un éxemple, ayant mené la ligne MVX &c. perpendiculaire à la ligne de la route BL, & prolongés les lignes MN en (e), NP en (f), & Mn en g; ſi l'angle NMB eſt de 30. degrez, les angles MNP, NPQ, Mnp, &c. chacuns de 165. degrez, & l'angle MBL de 6. degrez, on aura l'angle BMV de 84. degrez, & l'angle RMV de 54. & par conſéquent l'angle d'incidence MRV de FIG. 12.

36°. égal à l'angle MeX; or l'angle SNe ſuplement de l'angle MNP, eſt de 15. lequel étant retranché de l'angle $NeX = 36$. reſtera l'angle d'incidence NSe ſur le côté NP de 21. égal à l'angle $Sf\Upsilon$, à cauſe des paralleles SX, $f\Upsilon$, & pour avoir l'angle d'incidence $PT\Upsilon$ ſur le côté PQ, on retranchera de l'angle $Pf\Upsilon$ de 21°. l'angle TPf de 15. & l'on aura l'angle $PT\Upsilon$ de 6. degrez. On trouvera l'angle Mru, en retranchant l'angle $BMr = 30°$. de l'angle $BMu = 96°$. le reſte ſera l'angle rMu de 66. dont le complement eſt l'angle d'incidence Mru de 24° égal à l'angle Mgx, duquel ayant retranché l'angle $Sng = 15°$. reſtera l'angle d'incidence nsx, ſur le côté np, de 9. degrez. Ayant trouvé tous les angles d'incidence pour chaque côté, on prendra dans la Table les valeurs des forces laterales, paralleles & perpendiculaires, & on pourra diſpoſer le tout en cette ſorte.

Côtés.	Angle d'incidence.	Laterales paralleles.	Laterales perpendiculaires.
MN	36°	4161	5590
NP	21	921	2398
PQ	6	23	217
MN	24	1345	3023
np	9	76	483

Or il eſt évident (par l'art. 40) qu'ayant pris BF, égale à la ſomme de toutes les laterales paralleles, qui eſt ici de 6526. & BE égale à 4699. difference entre la ſomme des laterales perpendiculaires des côtés MN, NP, PQ. & la ſomme des mêmes laterales perpendiculaires des côtés Mn, np, on formera le paralelograme BE, OF, dont la diagonale BO donnera

nera la direction & la grandeur de la force moyenne de l'eau ; & enfin pour avoir l'angle *L B G* de la ligne de la route, & celle de la force mouvante égale à l'angle *F B O*, dans le triangle rectangle *B F O*, on fera comme *B F* 6526. eſt à *F O* 4699. Ainſi le ſinus total 100000. à la tengante de l'angle *F B O*, 72004. laquelle tengante répond à 35 . 45'. Ainſi l'angle *M B G* ſera de 41 . 45'. & l'angle *M B D* de la voile & de la quille ſera de 48°. 15'.

46. La figure d'un Vaiſſeau étant telle qu'on puiſſe regarder ces tranches horiſontales comme des poligones rectiſlignes, on pourra par cette méthode trouver toutes les ſituations de la voile pour tous les degrez des angles de la dérive, & en drêſſer une Table, par le moyen de laquelle connoiſſant la ſituation de la voile, on aura la route & la dérive, ou réciproquement.

47 Mais quoiqu'on conſtruiſe des Vaiſſeaux de bien des formes différentes, il n'y en a peut-être aucun, dont les plans ou tranches de leurs coupes horiſontales ſoient des figures rectiſlignes. Car on a preſque toujours préféré les formes courbes ; & cela par deux avantages eſſentiels. Le premier, que les impulſions des fluides ſur les ſurfaces courbes ſont bien moindres que ſur les ſurfaces planes de même étenduë, comme nous le ferons voir dans la ſection ſuivante ; & qu'ainſi en recourbant la prouë, & même tout le bordage des Vaiſſeaux, ils trouvent beaucoup moins de réſiſtance à fendre l'eau, que s'ils étoient formés par des ſurfaces planes ; avantage que les premiers conſtructeurs de Navires ont reconnu par experience, ou même par une connoiſſance naturelle à tous les hommes, qui les porte à juger de pluſieurs effets mécaniques, ſans les apprecier. Le ſecond avantage eſt, comme l'on ſçait en Géometrie, que les ſurfaces courbes renferment plus d'eſpaces, ou ont plus de ca-

pacité que les ſurfaces planes de même circuit.

48. Quoique la théorie des impulſions des fluides ſur des ſurfaces courbes, ſoit une partie des plus profondes & des plus abſtraites de l'application de la Géometrie aux mécaniques, on ſurmonteroit cette difficulté, ſi les courbures qu'on donne aux Vaiſſeaux étoient regulieres, géometriques, ou mécaniques; mais comme les conſtructeurs donnent aux formes de leurs Vaiſſeaux, les contours & les courbures qu'ils jugent les plus convenables, ſans connoître ni la nature de ces courbes, ni leurs proprietés, ces courbes ſont preſque toujours irregulieres, & même différentes dans les différens Vaiſſeaux. Mais ſi ces irregularirés peuvent nous priver de l'éxactitude géometrique, nous pouvons cependant approcher aſſez près des juſtes déterminations de la voile, route & dérive; pour que la différence ne ſoir pas ſenſible dans la ptatique, ſoit en inſcrivant des poligones dans ces courbes, ſoit en traitant ces mêmes courbes comme des courbes regulieres qui leur ſoient à peu près ſemblables.

49. On doit diſtinguer deux principales courbures dans tous les Vaiſſeaux ordinaires, l'une verticale, & l'autre horiſontale. On aura la premiere, ſi l'on ſupoſe les côtés du Vaiſſeau coupés par un plan vertical perpendiculaire à la quille, & la ſeconde en le ſupoſant coupé par un plan horiſontal. D'où il ſuit que toutes les tranches horiſontales de la carene ne ſont pas égales, & qu'elles doivent diminuer à meſure que la tranche eſt priſe plus près de la quille ou du fond du Vaiſſeau. Soit par éxemple, *agfK*, le plan de la tranche horiſontale du Vaiſſeau coupé à la hauteur *AF.blen*, celui de la tranche à la hauteur *BE*, & *codp*, la tranche à la hauteur *CD*, &c. Or on peut prendre ſans erreur ſenſible tous ces plans ou toutes ces tranches pour des courbes ou figures ſemblables, quoiqu'elles puiſſent être un peu differentes; & de plus

on ne doit point avoir égard à la courbure de la coupe verticale perpendiculaire à la quille. Car 1°. pour parvenir à la détermination de la route, de la dérive, & de la poſition de la voile; on n'a pas beſoin de connoître l'effort abſolu de l'impulſion de l'eau contre la prouë & le corps du Vaiſſeaux, puiſqu'il ne s'agit que de connoître la détermination moyenne de la réſiſtance de l'eau, & il eſt bien évident que toutes les tranches étant ſemblables, le raport entre les réſiſtances de l'eau faites de part & d'autre de la ligne de la route, ſera le même pour toutes, & que par conſéquent les déterminations des réſiſtances moyennes de toutes les tranches ſeront ſur une même ligne, & ne feront qu'une ſeule & même détermination, comme ſi toutes les tranches étoient égales & ſemblables, poſées immédiatement les unes ſur les autres.

Si l'on ne peut pas ſupoſer ſans quelque erreur ſenſible, que les tranches horiſontales de la carene ſont des plans ſemblables, alors on pourra faire les calculs des mêmes déterminations pour pluſieurs tranches priſes à différentes diſtances de la quille. Après quoi il ſera aiſé de trouver les détermiuations moyennes entre toutes celles qu'on aura trouvées pour un même angle de la dérive à chaque tranche, & l'on approchera par cette méthode ſi près qu'on voudra des juſtes déterminations, relativement aux differentes formes irregulieres des Vaiſſeaux. Ainſi on pourra, ſi l'on veut, dreſſer une Table des dérives & viteſſes de chaque Vaiſſeau, comme nous expliquerons plus au long dans la ſuite. Le calcul de ces Tables paroîtra pénible, mais cette peine n'eſt pas comparable à leurs grandes utilités.

5o. Quoique M. Bernouille ſemble n'avoir fait aucune attention à la courbure des Vaiſſeaux priſe dans le ſens de leurs coupes verticales perpendiculaires à la quille, il y a tout lieu de croire qu'il l'a ſous-

entenduë, en prenant toutes les tranches horiſontales pour des plans ou figures ſemblables. Mais les contours de ſes tranches n'étant pas, comme nous avons dit, des courbes regulieres, on peut les raporter à quelque courbe reguliere, ou même à quelques ſegmens d'une même courbe. Nous les avons raportées, comme M. Bernoulli, à des ſegmens de cercle. Ses ſegmens ſeront pris d'un nombre de degrez plus ou moins grands, ſuivant la courbure des differens Vaiſſeaux. Nous avons calculé nos tables pour les ſegmens de 20. degrez, juſques à 60. de 5. en 5. degrez auſquels on peut raporter differentes courbures des Vaiſſeaux ordinaires. S'il y a cependant tel Vaiſſeau dont la courbure ne puiſſe pas être raportée à aucun des ſegmens de cercle depuis 20. degrez, juſques à 60°. On pourra pour lors inſcrire, comme nous avons dit, un poligone dans cette courbe, & opérer par la méthode des articles 44. & 45. & il eſt clair que plus le nombre des côtés du poligone ſera grand, plus on approchera de la vraye détermination; & qu'ainſi on pourra en approcher ſi près qu'on voudra.

SECTION V.

Des réſiſtances & déterminations moyennes des figures curvilignes, ou des coupes horiſontales des ſurfaces courbes muës dans l'eau, ou dans tout autre fluide.

51. SI la courbe *AMC* ſe mût dans le fluide, ſuivant la direction *PRL* perpendiculaire à ſon axe *AB*, ou ce qui eſt le même, ſi cette courbe étant en repos, reçoit l'impulſion du fluide, ſuivant la direction *LR*, pour avoir l'expreſſion de la force moyenne de l'eau ou du fluide, & la détermination ſelon laquelle cette courbe eſt pouſſée par le fluide. Il faut 1°. conſiderer la courbe comme un poligone d'une infinité de petits côtés; 2°. trouver par la méthode de l'art. 36. les expreſſions des forces laterales, perpendiculaires & paralleles à la direction du fluide ſur un des côtés infiniment petit de la courbe en le conſiderant comme fini. 3°. ces expreſſions ſeront les quantités infiniment petites, ou les differentielles des forces laterales des impreſſions du fluide ſur toute la courbe. Ainſi leurs ſommes infinies ou leurs integrales, ſeront les valeurs des forces laterales, perpendiculaires & paralleles à la direction du fluide. 4°. On prendra (comme dans les art. 40. 42. 43.) *BE* égale à la laterale perpendiculaire, & *BF* égale à la laterale parallele; la diagonale *BO* du rectangle *BFOE*, marquera la détermination & la quantité de la force moyenne de l'impulſion du fluide ſur toute la courbe *AMC*. FIG. 14.

52. Ayant nommé les coordonnées APx, PRy; & mené QM infiniment proche de PR: MR ſera une partie infiniment petite de la courbe, & on aura PQ, ou Rm, ou $pM = dx$. Mm, ou $pR = dy$; la droite $MR = \sqrt{dx^2+dy^2}$. Or nous avons trouvé (art. 36.) en nommant la ſurface $MR(a)$, le ſinus d'incidence $MP(x)$, & celui de ſon complement PR, y, la force laterale perpendiculaire $RK = \frac{xxy}{aa}$, & la laterale parallele $Rl = \frac{x^3}{aa}$: & nous avons ici dx au lieu de x, dy, au lieu de y, & $\sqrt{dx^2+dy^2}$. au lieu de a; ainſi ſubſtituant ſimplement dx, dy, & $\sqrt{dx^2+dy^2}$. à la place de x, y, & a, nous aurons les forces laterales de l'impulſion ſur le petit côté MR, ſçavoir, la perpendiculaire $RK = \frac{dx^2dy}{dx^2+dy^2}$. & la parallele KI, ou $Rl = \frac{dx^3}{dx^2+dy^2}$. Ainſi ſi l'on prend $(\int)$ pour ſignifier la ſomme infinie ou l'integrale, on aura $BE = \int\frac{dx^2dy}{dx^2+dy^2}$. & $BF = \int\frac{dx^3}{dx^2+dy^2}$, & la diagonale BO du rectangle EF, marquera, comme nous avons dit, la grandeur; & la détermination de la ligne moyenne de la force mouvante, lorſque le fluide ſe mût contre la courbe AMC; mais ſi c'eſt la courbe qui ſe mût dans le fluide en repos, ou dans ſon milieu réſiſtent, cette même diagonale BO marquera la grandeur & la détermination de la réſiſtance moyenne; c'eſt-à-dire, que pour faire mouvoir la courbe AMC dans la direction PRL, il faudroit, pour vaincre la réſiſtance du milieu, la tirer ou la pouſſer dans la direction de la diagonale BO, avec une force exprimée par cette même diagonale.

Fig. 9. & 14.

53. Mais pour avoir les integrales ou les valeurs des forces laterales BE, BF, il faut connoître la na-

ture de la courbe AMC, & prendre dans ſon équation les valeurs de dy en dx, pour les ſubſtituer dans les deux expreſſions générales $BE = \int \frac{dx^2 dy}{dx^2+dy^2}$, & $BF = \int \frac{dx^3}{dx^2+dy^2}$, & prendre enſuite les integrales ſuivant les regles de ce calcul.

54. Si la courbe AMC eſt un arc de cercle, dont (a) ſoit le rayon, on aura l'équation au cercle $2ax-xx=yy$, de laquelle ayant pris les differences, on tirera $dy = \frac{adx-xdx}{\sqrt{2ax-xx}}$ & $dy^2 = \frac{aadx^2-2axdx^2+x^2dx^2}{2ax-xx}$ ſubſtituënt 1°. la valeur de dy^2. dans $\int \frac{dx^3}{dx^2+dy^2}$. Expreſſion de la laterale parallele, on aura . . . . : $\frac{dx^3}{\frac{dx^2+aadx^2-2axdx^2+xxdx^2}{2ax-xx}} = \frac{dx^3}{\frac{aadx^2}{2ax-xx}} = \frac{2axdx-xxdx}{aa}$, dont l'integrales eſt $\frac{xx}{a} - \frac{x^3}{3aa}$ pour la valeur de l'impreſſion laterale du fluide parallele à la direction. 2°. Subſtituant les valeurs de dy, & de dy^2 dans $\int \frac{dx^2 dy}{dx^2+dy^2}$, expreſſion de la laterale perpendiculaire, on aura $dx^2 dy = dx^2 \times \frac{adx-xdx}{\sqrt{2ax-xx}} = \frac{a-x \times dx^3}{\sqrt{2ax-xx}}$ & $dx^2+dy^2 = \frac{aadx^2}{2ax-xx}$ diviſant donc $\frac{a-x \times dx^3}{\sqrt{2ax-xx}}$ par $\frac{aadx^2}{2ax-xx}$ on aura $\frac{dx^2 dy}{dx^2+dy^2} = \frac{a-x \times 2ax-xx \times dx}{aa\sqrt{2ax-xx}}$ qu'on réduit à, $\frac{a-x \times \sqrt{2ax-xx} \times dx}{aa}$. En multipliant le numerateur & le dénominateur par $\sqrt{2ax-xx}$, & diviſant enſuite par $2ax-xx$ On trouvera enfin que l'integrale de cette differentielle eſt $\frac{2ax-xx^{\frac{3}{2}}}{3aa} = \frac{2ax-xx \times \sqrt{2ax-xx}}{3aa}$ pour la valeur de la laterale perpendiculaire, on aura

donc $BF, BE :: \int \frac{dx^3}{ax^2 \times dy^2} \int \frac{dx^2 dy}{dx^2 \times dy^2} :: \frac{xx}{a} - \frac{x^3}{3aa}$

$\frac{}{2ax - xx \times \sqrt{2ax - xx}}$.

$3aa$

55. Si l'on fait $x = a$, l'arc AMC ſera un quart de cercle, & on aura $BF = \frac{2}{7} a$ & $BE = \frac{1}{7} a$, la diagonale $BO = a \frac{\sqrt{5}}{9}$, donnera la grandeur & la détermination de la réſiſtance moyenne du quart de cercle.

56. Si l'on veut voir l'expreſſion de la réſiſtance ou de l'effort du fluide ſur le demi cercle ACV, ayant fait pour le quart de cercle AC le parallelograme EF. Et pour le quart CV, l'autre parallelograme eF, on verra clairement (comme aux articles 39. 41. & 42.) que les laterales perpendiculaires ſe détruiſent, étant directement opoſées & égales, & qu'ainſi le demi cercle ſera pouſſé dans la direction du fluide LF, avec une force exprimée par BK double de BF, égale à $\frac{4}{7} a$. On peut auſſi conſiderer que chaque quart de cercle étant pouſſé avec une force exprimée par BO dans les directions BO, Bo, la diagonale BK du parallelograme BO, Ko ſera par les principes des mouvemens compoſés, la grandeur & la direction de la force avec laquelle le demi cercle eſt pouſſé par le fluide.

57. Un arc de cercle étant donné en degrez, on aura les expreſſions en nombre des forces laterales en prenant le rayon (a), ou le ſinus total de 100000. parties, & ſubſtituant le ſinus verſe de l'arc donné à la place de (x), ſi par éxemple l'arc AR eſt de 36. degrez, on aura le ſinus verſe $x = 19098$. & le ſinus total $a = 100000$. ſubſtituënt ces valeurs de (a) & de (x) dans les deux expreſſions des forces laterales, on trouvera, en achevant le calcul, la laterale parallele $\frac{xx}{a} - \frac{x^3}{3aa} = 3415$. & la laterale perpendiculaire

diculaire $\frac{\sqrt{2ax-xx} \times \sqrt{2ax-xx}}{3aa} = 6738$. l'on peut remarquer que $\sqrt{2ax-xx} = y$ étant le ſinus droit de l'arc, la laterale perpendiculaire eſt égale au cube du ſinus droit diviſé par le triple du quarré du rayon. C'eſt ainſi que nous avons calculé la Table 11. des forces laterales pour tous les arcs du quart de cercle de 30. en 30. minutes.

58. Les coupes horiſontales d'un Vaiſſeau étant compoſées de deux ſegmens de cercle MAH, MaH; pour déterminer les ſituations de la voile, ſuivant les differentes routes & dérive : Je commence par le cas le plus ſimple, qui eſt lorſque la dérive eſt nulle, ou que la ligne de la roure eſt dans la direction de la quille. Or il eſt aiſé de voir que dans ce cas la quille BM partage également les efforts de la réſiſtance de l'eau faite ſur les deux côtés MA, Ma de la prouë ou de l'avant du Vaiſſeau ; ces deux côtés étant deux arcs de cercle parfaitement égaux, ainſi les forces totales de la reſiſtance ou de l'action de l'eau ſur ces deux arcs étant égales, les laterales paralleles ſont égales auſſi-bien que les laterales perpendiculaires ; mais comme dans l'article 39. les deux forces perpendiculaires étant égales & directement opoſées, ſe détruiſent mutuellement. Ainſi la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve, dans ce cas, à fendre l'eau, ſera exprimée par la ſomme des larerales paralleles. La ligne de la force mouvante BG tombera ſur celle de la route BL, & ſur la quille BM. la voile DC ſera perpendiculaire à la quille & à la route, & le Vaiſſeau fera vent arriere. Si l'on méne les paralleles AL, al à la ligne de la route BL, l'eſpace compris entre ces deux paralleles, marquera la largeur de l'eau déplacée par le ſillage du Vaiſſeau, ou la trace navalle. Fig. 17.

59. Le raport entre la longueur MH de la corde commune des ſegmens égaux MAH, MaH, & la

largeur Aa fera connoître aiſément le nombre des degrez des arcs MA, Ma, avec lequel on prendra dans la Table 11. les deux réſiſtances laterales paralleles, dont la ſomme ſera la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe. Si par éxemple chaque ſegmens MAH, MaH, eſt de 30. degrez, les arcs MA, Ma, ſeront de 15°. mais la ligne Aa, qui diviſe les ſegmens, & la corde commune en deux parties égales, étant prolongée de part & d'autre, paſſe par les centres K & k, des deux quarts de cercle AMR, aMr; ainſi la ligne de la route BL eſt perpendiculaire ſur les rayons AK, aK, & l'on trouvera dans la Table vis-à-vis de 15. degrez la laterale parallele de $114\frac{762}{1000}$, dont le double $229\frac{524}{1000}$ ſera l'expreſſion de la réſiſtance moyenne que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau ou la valeur du côté BF du rectangle des forces larerales. Donc l'autre côté BE ou FO eſt dans ce cas égal à zéro, puiſque les laterales perpendiculaires ſe déttuiſent par leurs égalitez ou équilibres; ainſi la diagonale BO tombe ſur BF, & lui eſt égale.

60. Si la route du Vaiſſeau BI. n'eſt point parallele à la quille, ou que le Vaiſſeau dérive de la quantité de l'angle MBL, pour trouver la ligne de la force mouvante BG, & par conſéquent la ſituation de la voile DC, on menera par M & par H les paralleles MN, HI à la route BL, & ayant diviſé les arcs MN, HI, en deux également aux points A, & (a), on menera par ces deux points les lignes AK, ak, perpendiculaires à la ligne de la route BL, ces perpendiculaires paſſeront par les centres K & k des quarts de cercle AMR, aMr, puiſqu'elles ſont perpendiculaires ſur les cordes MN, HI. Or il eſt clair que l'action de la réſiſtance de l'eau ne ſe fait que ſur les arcs MA, Ma, les lignes Al, al, paralleles à la route, étant tangentes

FIG. 18.

aux points *A* & *a*; tout ſe réduir donc ici à trouver 1o. la valeur des arcs *MA*, *Ma*; 2o. prendre dans la Table 11. les expreſſions de leurs réſiſtances laterales perpendiculaires & paralleles; 3o. & de même que dans l'article 42. *BF* eſt égale à la ſomme des laterales paralleles, & *BE* égale à la difference entre la laterale perpendiculaire ſur l'arc *MA*, & la même ſur l'arc *Ma*; car, comme nous avons dit pluſieurs fois, ces deux forces ſont directement oppoſées & ſe détruiſent mutuellement. 4o. La diagonale *BO* marquera la grandeur & la détermination de la réſiſtance moyenne; ainſi *BG* ſera la ligne de la force mouvante, & la perpendiculaire *DC* la ſituation de la voile, l'eſpace entre les paralleles *Al*, *al*, marquera la largeur de l'eau du Vaiſſeau ou la trace navalle.

61. Les degrez des ſegmens *MAH*, avec l'angle *MBL*, étant connus pour trouver la valeur des arcs *MA*, *Ma*, on voit d'abord que les angles *MHI*, *HMN* ſont égaux entr'eux, & à l'angle donné *MBL*, à cauſe des paralleles, *BL*, *HI*, *NM*; mais ces angles ont pour meſures la moitié de l'arc *MI* ou *HN*; donc ces mêmes arcs valent chacun le double des degrez de l'angle donné *MBL*. Donc les arcs *IAH* & *MaN*, ſont connus & leurs moitiés *IA*, *Ma*, & par conſéquent l'arc *MA*: ſi les ſegmens ou les arcs *MAH*, *MaH*, ſont par éxemple de 40. degrez, & l'angle de la dérive *MBL* de 5 degrez, les arcs *MI*, *HN*, ſeront de 10. degrez, & les arcs *IAH*, *MaN*, de 30. ce qui donne l'arc *MA* de 25 degrez, & *Ma*, de 15. on trouvera dans la Table 11. les réſiſtances laterales, & on les diſpoſera en cette ſorte.

	Laterales paralleles.	Laterales perpendiculaires.
Arc de 25°.	$850.\frac{367}{1000}$.	2516.
Arc de 15°.	$114.\frac{262}{1000}$.	$577.\frac{667}{1000}$.

On prendra $BF = 964.\frac{639}{1000.}$ ſommes des laterales paralleles, & $BE = 1938.\frac{333}{1000}$ difference des laterales perpendiculaires. Enfin dans le triangle rectangle FBO, on dira comme BF, $\frac{964639}{1000}$, eſt à FO $\frac{1938333}{1000}$. Ainſi le ſinus total, ſera à la tengente de l'angle FBO égal à l'angle LBG, qu'on trouvera de 63. degrez 32. minutes, dont le complement ou l'angle LBD de la voile & de la ligne de la route ſera de 26. 28. & par conſéquent l'angle MBD de la quille & de la voile de 21°. 28.

62. Il eſt évident que l'angle MBL augmentent, les arcs MN, HI diminuent, & que lorſque cet angle a pour meſure un arc égal à la moitié du ſegment MAH, les lignes HI, MN ſont tangentes aux points H & M. Car les angles MHI, HMN ne peuvent avoir pour meſures la moitié des arcs MAH, ou MaH, que lorſque les lignes HI, MN ſont tangentes de ces arcs. D'où l'on voit que pour lors l'action de la réſiſtanee de l'eau ne ſe fera que ſur le côté MAH. Ainſi pour trouver dans ce cas la grandeur & la détermination de la réſiſtance moyenne, on prendra BF égale à la laterale parallele de l'effort fait par la réſiſtance de l'eau ſur l'arc HAM, & BE égale à la laterale perpendiculaire. La diagonale BO donnera la détermination de la réſiſtance moyenne, & dans le triangle rectangle OFB, on trouvera l'angle OBF égal à l'angle LBG,

dont le complement ſera l'angle de la voile & de la ligne de la route, &c. Si l'arc *M H* eſt, par éxemple, de 40. degrez, & l'angle *M B L* de 20. la laterale parallele ſur cet arc, ſera 5046. & la perpendiculaire 8852. $\frac{2}{3}$; d'où l'on trouvera l'angle *F B O* de 60. degrez 19. minutes; & par conſéquent l'angle *L B D* de la voile & de la route de 29. dégrez 41 : & l'angle *M B D* de la quille & de la voile de 9°. 41.

63. S'il arrive que l'angle *M B L* ſoit plus grand que la moitié de l'arc *M H*, ou ce qui eſt le même, que la meſure de cet angle ſoit d'un plus grand nombre de degrez que la moitié du ſegment *M H*, on menera du centre *K*, du ſegment *K A* perpendiculaire à la ligne de la route *B L*, & *K R* parallele; on achevera le quart de cercle *A H M R*; cela fait, il eſt viſible que dans ce cas, comme dans le précédent, la réſiſtance de l'eau ne ſe fait que ſur le côté *M H*. Pour donc avoir les réſiſtances laterales ſur cet arc, on prendra dans la Table celles de tout l'arc *A M*, deſquelles on retranchera celles de l'arc *A H*, les reſtes ſeront les réſiſtances laterales de l'arc *H M*, & on prendra, comme cy-deſſus, *B F* égale à la laterale parallele, & *B E* égale à la perpendiculaire, & on opérera de même. Fig. 19.

64. L'arc *M H*, & l'angle *M B L* étant donnés pour trouver l'arc *A H*, on menera *S H*, parallele à *B L*, ou perpendiculaire au rayon *K A*. Cela fait, il eſt clair que l'arc *A S* ſera égal à l'arc *A G*; mais l'angle *M H I*, ou *M B L* a pour meſure la moitié de l'arc *H M*, plus la moitié de l'arc *H S*, ou l'arc *A H*; ainſi pour avoir les degrez de l'arc *A H*, on retranchera les degrez de la moitié de l'arc *M H* de la valeur de l'angle *M B L*, le reſte ſera la valeur de l'arc *A H*. Si par éxemple, le ſegment *M H* eſt de 30. degrez, & l'angle de la dérive *M B L* de 20. degrez, ôtant 15. de

20. on aura l'arc AH de 5. degrez, & par conſéquent l'arc AM de 35. & on prendra dans la Table 11. les réſiſtances laterales ſur ces arcs de 35. & de 5. degrez qu'on pourra diſpoſer ainſi.

	Laterales paralleles.	Laterales perpendiculaires.
Arc de 35°	$3073.\frac{2}{3}$ . . .	$6290.\frac{68}{1000.}$
Arc de 5°.	$1.\frac{45}{100.}$	22.

Ayant retranché les laterales de l'arc de 5. degrez de celle de l'arc de 35. on aura, en abandonnant les fractions, la laterale parallele ſur l'arc HM de 3073. pour le côté BF, & la perpendiculaire de 6268. pour le côté BE, d'où l'on trouvera enfin l'angle $FBO = LBG$ de 63. degrez 53. minutes, & ſon complement LBD de 26. deg. 7. min. l'angle MBG de 83. deg. 53. min. & l'angle MBD de la voile & de la quille de 6. deg. 7. min. C'eſt-là le premier éxemple de M. Bernoully, page 87. de ſa Manœuvre, dont le calcul eſt infiniment plus long.

FIG. 20. 65. Si l'angle de la dérive MBL augmente juſques à faire paſſer la pointe de la proüe M au-delà du quart de cercle ou du point R, on réſoudra aiſément ce cas, en conſiderant que l'angle de la dérive MBL a pour meſure la moitié de l'arc du ſegment HM, plus l'arc HA. Retranchant donc la moitié de l'arc du ſegment de l'angle de la derive, on aura la valeur de l'arc AH, & par conſéquent celle des arcs AHM, & MS. Ainſi des réſiſtances laterales ſur tout le quart de cercle AR, on en retranchera celle de l'arc AH, pour avoir celles de l'arc HR, & des larerales ſur le même quart de cercle, ou le quart SR, on retranchera celles de l'arc SM, pour avoir celles de l'arc MR; la ſomme des laterales paralleles ſur les

arcs *R H*, *R M*, ſera la valeur de *B F*, & la difference entre les laterales perpendiculaires des mêmes arcs, ſera celle de *B E*, on achevera le reſte comme aux articles précédens.

66. Si l'on ſupoſe enfin, que l'angle de la dérive ſoit droit, dans ce dernier cas, la voile ſera parallele à la quille, la ligne de la force mouvante ſera comme dans le premier cas, la même que celle de la route, le côté *B E* du parallelograme des expreſſions laterales ſera égal à zéro; car dans ce cas *B L* diviſe le ſegmenr *M H* en deux également au poinr 1. ce qui fait que les laterales perpendiculaires ſur les arcs *M I*, *H I*, ſe détruiſent. Ainſi *B F*, ou *B O*, égale à la ſomme des laterales paralleles ſur les arcs *M I*, *H I*, ſera l'expreſſion de la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par le côté. Or l'arc *H I* étant connu, l arc *H A* l'eſt auſſi. Donc pour avoir la laterale parallele ſur l'arc *H I*, de la même laterale ſur tout le quart *A I*, on retranchera celle de l'arc *A H*, & on aura celle de l'arc *H I*, laquelle étant doublée, donnera celle de l'arc *H M*, ou la valeur de *B F*. Fig. 21.

Des ſix cas dont nous venons de parler, les deux premiers ſont preſque les ſeuls qui ſe préſentent dans la pratique; car, comme nous avons dit, (art 23.) plus on veut ſerrer le vent, plus l'angle de la dérive augmente; en ſorte que pour vouloir trop ſerrer le vent, on perdroit par la dérive, laquelle, comme l'on dit, feroit échouër & abbatre le Navire. Les autres cas, particulierement les deux derniers, ne peuvent avoir lieu que dans les cas qu'on laiſſe aller le Vaiſſeau à la dérive côté de travers.

68. Par le premier cas on trouve l'expreſſion de la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa pointe, ou par la prouë, & par le dernier celle qu'il trouve à fendre l'eau par ſon côté. Ainſi connoiſſant à quel ſegment de cercle on peut raporter les

tranches horiſontales d'un Vaiſſeau, on trouvera par ces deux cas le raport entre la reſiſtance du Vaiſſeau à fendre l'eau par ſa pointe, & ſa réſiſtance à fendre l'eau par ſon côté. Si les ſegmens ſont de 20. degrez, la réſiſtance du Vaiſſeau par le côté ſera 747 fois plus grande que ſa réſiſtance à fendre l'eau par ſa pointe; ſi l'angle de la prouë eſt de 25. degrez, la reſiſtance par le côté ſera 380. fois plus grande que par la pointe; de 30. degrez, 220. de 35. d. 138. fois. de 40. degrez 92 fois. de 45. 64. fois, de 50. deg. 46 fois; de 55. deg. 35. fois; & de 60. deg. 27. fois. J'ai mis ces raports de réſiſtances pour les Vaiſſeaux, qu'on peut raporter aux ſegmens depuis 20. juſques à 60. degrez de 5. en 5. parce que ce ſont les mêmes pour leſquels j'ai fait les Tables de Manœuvre.

SECTION

SECTION VI.

Du raport des viteſſes d'un Vaiſſeau, ſuivant les differentes routes qu'il parcourt, & les ſituations de la voile & de la ligne du vent.

68. ON peut voir par tout ce qui a été dit dans la Section précédente, que ſuppoſant le Vaiſſeau mû dans toutes ces differentes routes avec une même viteſſe, les diagonales BO exprimeront dans ce cas les differentes réſiſtances moyennes de l'eau; mais ſi les viteſſes ſont différentes dans les différentes routes du Vaiſſeau, les réſiſtances moyennes ſeront, par l'art. 5., en raiſon compoſée de celle des diagonales BO, & de la raiſon doublée des viteſſes. Soit BO, & bo, les diagonales ou les expreſſions des réſiſtances moyennes de deux différentes routes, il eſt clair que ſi les viteſſes ſont les mêmes dans chaque route, les réſiſtances moyennes ſeront comme BO, à bo. Mais ſi V eſt la viteſſe dans la premiere route, & (v) celle de la ſeconde, les reſiſtances moyennes ſeront entr'elles comme $VV \times BO$ eſt à $vv \times bo$. Or ſi l'on ſuppoſe que l'action du vent ſur la voile, ou la force mouvente eſt la même dans ces differentes routes, cette force étant toujours égale à celle de la réſiſtance moyenne, on aura $VV \times BO = vv \times Bo$, & par conſequent $VV.vv :: Bo.BO$; ce qui montre que les quarrés des viteſſes d'un Vaiſſeau, dans ces differentes routes, ſont en raiſon reciproques des diagonales du parallelograme des reſiſtances laterales. Mais $V.v :: \sqrt{Bo}.\sqrt{BO}$; donc ces viteſſes ſont en raiſon ſous-doublées reciproques des mêmes diagonales. Or il eſt clair que la plus grande vi- FIG. 12.

teſſe du Vaiſſeau doit ſe faire dans le cas que la ligne de la route eſt la même que celle de la quille, ou que la dérive eſt nulle; & c'eſt auſſi, dans ce premier cas que la diagonale *B O*, eſt la plus petite.

69. D'où il ſuit que ſi l'on prend un nombre comme 1000. pour l'expreſſion de la plus grande viteſſe, ou la viteſſe du premier, cas on trouvera les viteſſes ſuivant toutes les autres directions par cette analogie, comme la racine de la diagonale *B O*, pour une direction donnée, eſt à la racine de la diagonale de la direction directe, ou du premier cas; ainſi la viteſſe 1000. ſera à la viteſſe de la direction donnée. Ainſi on ajoûtera le logarithme de 1000. au logarithme de la racine de la plus petite diagonale, & de cette ſomme conſtante on retranchera les logarithmes des racines de chaque diagonales les reſtes ſeront les logarithmes des viteſſes proportionelles à la plus grande 1000. Si l'on veut avoir, par éxemple, la viteſſe d'un Vaiſſeau, dont les tranches horiſontales ſe peuvent raporter aux ſegmens de 30. degrés; on aura la petite diagonale ou la moindre réſiſtance de 230. dont le logarithme eſt 236170. La moitié de ce logarithme eſt 118085. pour le logarithme de la racine, auquel ajoûtant le logarithme de 1000. qui eſt 300000. on aura 418085. ſomme conſtante pour tous les cas. Si l'angle de la dérive eſt de 3. degrés, on trouvera, en faiſant le calcul du triangle rectangle *B FO*, que le logarithme de la diagonale *B O* eſt 286992. dont la moitié 143496. logarithme de la racine, étant retranchée de 418085. reſte 274589. pour le logarithme de la viteſſe, qu'on trouve de 557. ſi l'on prend la plus grande diagonale ou l'expreſſion de la réſiſtance du Vaiſſeau à fendre l'eau par le côté, qui eſt 50608. dont le logarithme eſt 470422. & ſa moitié 235211. logarithme de la racine, étant ôtée de 418085. reſte 182874. pour le logarithme de 67. viteſſe, avec laquelle le Vaiſſeau fendroit l'eau par ſon côté, étant

pouſſé par le vent avec la même force qui donne la viteſſe 1000. au même Vaiſſeau en fendant l'eau par ſa pointe. C'eſt par cette méthode que nous avons calculé nos Tables des viteſſes du Vaiſſeau correſpondantes à chaques déterminations de la voile, route & dérive.

70. Les raports que nous venons de trouver entre les differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, ſeront toujours les mêmes, ſoit que l'action ou la force du vent ſur les voiles augmente ou diminue, pourvû que l'augmentation ou diminution ſoit égale dans l'un & l'autre cas; or cette force peut augmenter ou diminuer par deux cauſes principales; la premiere, par les differents angles d'incidence du vent ſur les voiles; & la ſeconde, par les differentes forces ou viteſſes du vent. Mais la réſiſtance moyenne de l'eau étant toujours égale à la force du vent ſur les voiles ou à la force mouvante, la diagonale $B\,O$, expreſſion de la réſiſtance moyenne, doit augmenter ou diminuer de la même quantité, dont la force mouvante ou la force du vent ſur les voiles augmente ou diminuë. Donc ſi pendant qu'un Vaiſſeau ſuit une même route, gardant toujours une même ſituation de voile par rapport à la quille, on ſupoſe que la ligne ou le rumb de vent vient à changer, ou ce qui eſt le même, que le ſinus d'incidence du vent ſur les voiles augmente ou diminuë: alors la réſiſtance moyenne ou la diagonale $B\,O$ augmentera de grandeur ſans changer de poſition. Soit S, le premier ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & s le ſecond. $B\,O$, la premiere diagonale, & $B\,o$ la ſeconde, & enfin V, la premiere viteſſe du Vaiſſeau &, v la ſeconde. Puiſque les impulſions ſont comme les quarrez des ſinus d'incidence, on aura $B\,O, B\,o :: SS, ss$, & $\overline{\sqrt{BO}}\ \overline{\sqrt{Bo}} :: S, s$. Mais $V, v :: \overline{\sqrt{BO}}, \overline{\sqrt{Bo}}$. Donc $V, v :: S, s$ d'où l'on voit que dans ce cas les viteſſes du Vaiſſeau ſont dans la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur es voiles.

71. Si dans le temps qu'un Vaiſſeau ſuit une même route, gardant une même ſituation de voile tant par rapport à la quille, que par rapport au rumb de vent : le vent vient à ſe renforcer ou à diminuer ; & ſi l'on peut parvenir à connoître avec quelque éxactitude ces varietez, ou les differentes viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles. Dans ce cas les viteſſes du Vaiſſeau ſeront entr'elles dans la même raiſon que les viteſſes du vent ; car par l'article 2. les efforts du vent ſur les voiles étant comme les quarrés des viteſſes, & les réſiſtances moyennes de l'eau étant toujours égales aux efforts du vent, ou à la force mouvante ; la diagonale $B\ O$, en gardant la même ſituation, augmentera ou diminuëra dans le rapport du quarré des viteſſes du vent. Soit X, une premiere viteſſe du vent, & (x) la ſeconde : $B\ O$, la premiere diagonale, & $B\ o$, la ſeconde ; on aura $X\ X$, $x\ x$: : $B\ O$, $B\ o$, & $X.\ x$: : $\sqrt{BO}$ $\sqrt{B\ o}$, mais V, v : : $\sqrt{BO}$, $\sqrt{B\ o}$, donc V, v : : X, x, ce qui montre que dans ce cas les viteſſes du Vaiſſeau ſont dans la même raiſon que les viteſſes du vent.

72. Il ſuit des trois principes précédens ſur les viteſſes d'un Vaiſſeau, que lorſqu'un Navire fait route ſous des angles de la voile & de la quille differens, & ſous differens angles d'incidence du vent ſur les voiles, ces viteſſes ſeront entr'elles en raiſons compoſées de la raiſon ſous doublée réciproque des réſiſtances moyennes, ou des diagonales $B\ O$, & de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence.

73. Mais ſi le Vaiſſeau fait route ſous différens angles de la quille & de la voile, pouſſé par différentes forces ou viteſſes du vent, pendant que l'angle d'incidence du vent ſur la voile reſtera le même ; les ſillages ou les differentes viteſſes du Vaiſſeau ſeront entr'elles en raiſons compoſées de la raiſon ſous doublée réciproque des diagonales, & de la raiſon ſimple des viteſſes.

74. Si l'angle de la voile & de la quille reſtant le

même : le ſinus d'incidence du vent ſur la voile, & la viteſſe du vent varient, les viteſſes du Vaiſſeau ſeront entr'elles en raiſon compoſées de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence, & de la raiſon ſimple des viteſſes du vent.

75. Et enfin ſi un Vaiſſeau fait route ſous différens angles de la voile & de la quille, ſous différens angles d'incidence du vent ſur les voiles, & ſous différentes viteſſes du vent : les viteſſes du Vaiſſeau ſeront entr'elles en raiſons compoſées de la raiſon ſous doublée reciproque des diagonales, de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence, & de la raiſon ſimple des viteſſes du vent. Les principes & les regles que nous venons de donner ſur les differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, ſupoſent que la viteſſe du vent eſt infiniment plus grande que celle du Vaiſſeau, ou que la quantité dont le Vaiſſeau fuit ou perd au vent eſt nulle par rapport à la rapidité du vent, au lieu que pour parvenir à une éxacte détermination des viteſſes, il faudroit avoir égard à la quantité dont le Vaiſſeau perd au vent, & ne prendre que la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles, c'eſt à dire l'excès de la viteſſe du vent ſur celle dont le Vaiſſeau fuit le vent. Or le Vaiſſeau fuit le vent lorſque, comme nous avons dit, l'angle de la ligne de la route & de celle du vent eſt obtus. Pour faire entrer cette conſidération, on auroit rendu les calculs beaucoup plus compliqués, ſans y apporter par là un degré d'éxactitude ſenſible dans la pratique ; car 1°. il eſt aiſé de voir (fig. 3.) que la viteſſe du Vaiſſeau eſt à la quantité dont il perd au vent, comme le ſinus total eſt au ſinus du complement de l'angle *l B* , de la route & de la ligne du vent, & que par conſéquent cette quantité eſt d'autant plus petite que l'angle *B* approche de l'angle droit, cas auquel nos déterminations ſont parfaitement éxactes. 2°. Pour avoir les viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles d'un Vaiſſeau qui fuit

le vent dans deux routes differentes il ne faudroit avoir égard qu'à la différence entre la viteſſe dans la ſeconde route ; or il eſt évident que cette difference doit être fort petite en comparaiſon de la viteſſe abſoluë du vent. Enfin il y a lieu de croire que M. le Chevalier Renaud, & M. Huguens ont paſſé pardeſſus cette conſideration, la regardant comme ne devant faire aucune difference ſenſible dans la pratique. M. Bernoully l'a regardée de même.

76. Comme un Vaiſſeau porte ſouvent plus ou moins de voile, & cela pour augmenter ou diminuer ſon ſillage ; car il eſt bien évident que plus on porte de voiles, plus on augmente le ſillage ; & qu'au contraire plus on cargue les voiles, ou ce qui eſt le même, plus on fait petite voile, plus on diminuë le ſillage, toutes choſes d'ailleurs égales. Il eſt donc important de déterminer ſuivant quel rapport le ſillage augmente ou diminuë, les différentes quantités des voiles étant connuës. Ce qui eſt facile, car ſi l'on nomme S la ſurface des voiles portées dans un tems, & s la ſurface des voiles portées dans un autre temps, les viteſſes du vent, & les angles d'incidences du vent ſur les voiles, étant ſuppoſés les mêmes dans l'un & l'autre cas, il eſt clair que les forces de l'action du vent ſur les voiles ſeront proportionnelles aux ſurfaces des voiles ; ainſi F exprimant la force du vent ſur les voiles dans le premier cas, & f celle du ſecond cas, on aura $F, f :: S, s$. Mais les réſiſtances ou les forces de l'action de l'eau ſur la prouë du Vaiſſeau étant toujours égales à la force du vent ſur les voiles, & les forces de l'eau ſur le corps du Vaiſſeau étant toujours comme les quarrés des viteſſes du même Vaiſſeau : ſi l'on nomme la viteſſe du Vaiſſeau dans le premier cas V, & celle du ſecond cas v, on aura $F, f :: V V, v v :: S s$. Donc $V.v :: \sqrt{S}.\sqrt{s}$. Ce qui montre que les viteſſes ou ſillages d'un Vaiſſeau ſont en raiſon ſousdoublées des ſurfaces des voiles,

Digitized by Google

ou comme les racines des mêmes ſurfaces.

77. Donc ſi les ſurfaces des voiles & les viteſſes reſpectives du vent ſur les mêmes voiles ſont différentes, les ſillages du Vaiſſeau ſeront en raiſon compoſée de la raiſon ſousdoublée des quantités des voiles, & de la raiſon ſimple des viteſſes reſpectives du vent.

78. Par les mêmes raiſons ſi les ſuperficies des voiles, les viteſſes reſpectives du vent, & les angles d'incidences du vent ſur les voiles ſont différens; les ſillages du Vaiſſeau ſeront dans ce cas, en raiſon compoſée de la ſousdoublée des mêmes ſuperficies, de la ſimple des viteſſes reſpectives du vent, & de la ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles.

79. Si enfin outre ces trois irregularités les angles des voiles & de la quille ſont encore differens, les ſillages du Vaiſſeau ſeront, dans ce cas, en raiſon compoſée de la ſousdoublée des ſurfaces des voiles, de la raiſon ſimple des viteſſes reſpectives du vent, de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & de la raiſon ſousdoublée reciproque des diagonales *B O*. Toutes ces choſes ſont évidentes par tout ce qui a été dit dans les articles précédens.

On voit auſſi que tout ce que nous diſons ici ſur les raports des ſillages du même Vaiſſeau, s'applique auſſi aux raports entre les ſillages de deux & de pluſieurs Vaiſſeaux.

80. Nous avons juſques ici conſideré les voiles comme des ſuperficies planes, & cependant toute voile enflée par le vent, prend toujours une courbure. Cette courbure doit produire quelque changement dans la direction de la ligne de la force mouvante; mais l'on a, comme nous avons dit dans la Préface, une méthode très-ſimple de réduire le changement cauſé par la courbure des voiles à un ſimple changement des voiles planes. Cette méthode trouvée par M. Bernoully eſt très-heureuſe par ſa ſimplicité. Nous

n'en donnerons ici que le réſultat ; ceux qui voudront voir la démonſtration, pourront conſulter le chap. 15. du Livre de M. Bernoully.

Fig. 28. Soit *C D* une vergue ou le plan d'une voile plane, ſa perpendiculaire *B G* ſera la ligne de la force mouvante ; mais le vent venant à pouſſer cette voile dans une direction, comme *A B*, & la voile étant fléxible, elle prendra une courbure comme *C G D*. Or pour trouver le changemenr que cette courbure cauſe à la direction de la force mouvante, il faut, ſuivant la démonſtration de M. Bernoully, tirer mécaniquement, ſoit par eſtime, ou avec deux regles ou deux ficelles, les tangentes *C F*, *D F* à la courbe *C G D* ; leſquelles tangentes ſe couperont au point *F*, & la ligne *B F* ſera celle de la force mouvante. Ainſi la courbure de la voile aura changé la direction de la force mouvante de la quantité de l'angle *F B G*, & la perpendiculaire *c B D* à *B F* ſera la poſition d'une voile plane, dont l'effet équivaleroit celui de la voile courbe *C G D*.

81. Comme dans l'uſage de nos Tables nous ſuppoſerons que l'angle que la voile plane ou la vergue *C D* fait avec la quille, eſt connu en degrés, il faudroit pour la pratique, une méthode ſimple, pour connoître l'angle que la voile ſuppoſée *C B D* fait avec la quille, & regarder cet angle comme l'angle que la vraye voile fait avec la quille ou celui que l'on doit connoître.

Entre pluſieurs méthodes que j'ai imaginé pour cela, voici celle qui m'a paru la plus ſimple pour la pratique. On prendra avec une fauſſe équerre ou autrement la valeur des angles *F C D*, *F D C*, & on fera cette proportion, comme la ſomme du double du ſinus de l'angle *F C D* & du ſinus de l'angle *C F D*, eſt à leur différence ; ainſi la tangente de la moitié du ſupplement au demi cercle de l'angle *F D C*, à la tangente d'un angle, lequel étant ajoûté à la moitié du même ſuplement

au

au demi cercle, donnera l'angle *DBF* dont le complement ſera l'angle *FBG* ou *DBd*.

Pour faire la démonſtration de cette regle je nomme *CD*, $2s$, le ſinus de l'angle *CFD*, *S*, & le ſinus de l'angle *FCD*, *S*. Cela poſé on aura, par la trigonometrie *S*. $2a :: s. DF = \frac{2as}{S}$, & dans le Triangle *BDF* les côtés *BD*, *a*. *DF*, $\frac{2as}{S}$. ſeront connus avec l'angle compris *BDF*: ainſi on fera cette analogie, comme la ſomme des deux côtés $a + \frac{2as}{S}$. eſt à leurs differences $\frac{2as}{S} - a$. Ainſi la tangente de la moitié de la ſomme des angles inconnus, ou du ſuplément au demi cercle de l'angle *BDF* que je nomme *t*. à la tangente de la moitié de la difference des mêmes angles inconnus. Laquelle étant ajoûtée avec la moitié de la ſomme des angles inconnus, donnera l'angle *DBF* qu'il falloit trouver. On fera donc $a + \frac{2as}{S} . \frac{2as}{S} - a :: t$ ou $2s + S. 2s - S :: t. \frac{2st - St}{2s + S} =$ la tangente de la moitié de la difference, ce qu'il falloit démontrer.

EXEMPLE.

Si l'angle *FDC* eſt de 60 degrés, l'angle *FCD* de 50 degrés; l'angle *CFD* ſera de 70 degrés: & on aura $s = 76604$. $2s = 153208$. $S = 93969$. donc $2s - S = 59239$. & $2s + S = 212447$. On trouvera auſſi la tangente $t = 173205$. & faiſant le calcul on aura $\frac{2st - St}{2s + S} = 48296$. pour la tangente de 25 degrés 46 minutes, qu'on ajoûtera avec 60 degrés pour avoir l'angle *DBF* de 85 degrés 46 minutes, ainſi l'angle *DBd* ſera dans ce cas de 4 degrés 14 minutes.

SECTION VII.

THEORIE,

Du Gouvernail.

82. LA navigation d'un Vaiſſeau ſe fait par deux mouvemens principaux, l'un lui fait décrire & parcourir la Route qu'il doit faire, & l'autre le fait tourner ſur lui-même & dirige la Route : le premier eſt donné par l'action du vent ſur les voiles, & le ſecond par celle de l'eau ſur le gouvernail. Le ſecond eſt preſque auſſi neceſſaire que le premier, car ſi un Vaiſſeau n'avoit point de gouvernail, ou qu'il ne gouvernat point, comment pourroit-il diriger la Route promptement & la changer ſuivant le beſoin ? il ſeroit à tout moment expoſé à de grands dangers s'il ne pouvoit revirer pour éviter les écüeils, pour fuir des Ennemis & changer de bordée, particulierement dans un combat naval. C'eſt un grand défaut lorſqu'un Vaiſſeau ne gouverne pas ou qu'il ne ſent pas aſſés ſon gouvernail. C'eſt à quoi les Conſtructeurs de Navires doivent faire attention principalement. Comme le gouvernail eſt fort petit en comparaiſon de la grandeur du Vaiſſeau, ſon effet a toujours paru merveilleux aux Philoſophes même de l'antiquité, dont pluſieurs ont *cherché* inutilement à en expliquer le mecaniſme, faute de connoître les Loix des impulſions des fluides.

83. La force du gouvernail dépend de deux cauſes principales, la premiere de la force de l'homme lorſqu'il pouſſe le timon ou la barre avec précipitation, pour faire virer le Vaiſſeau à droite ou à gauche, ou, comme l'on dit, à ſtribord ou à basbord : & la ſeconde de l'ac-

Digitized by Google

tion de l'eau, laquelle rencontre le gouvernail avec une viteſſe égale à celle du ſillage du Vaiſſeau. Cette ſeconde cauſe eſt beaucoup plus conſiderable que la premiere. Il paroit même que Mrs le Chevalier Renaud, Huguens & Bernoully, ont regardé la premiere comme nulle en comparaiſon de la ſeconde. Nous expliquerons cependant l'une & l'autre.

84. Pour rendre facilement raiſon de la premiere cauſe, ſuppoſons le Vaiſſeau *HM*, arrêté comme dans un temps calme, & que le gouvernail *HN*, étant d'abord parallele ou dans la direction de la quille un homme vient à pouſſer la barre ou le timon de *HQ* en *Hq*, & par conſequent le gouvernail en *Hn*, après avoir vaincu la réſiſtance de l'eau, or cette reſiſtance avec la force de l'homme apliquée au bout de la barre *Q*, tendent à pouſſer la poupe du Vaiſſeau dans la direction *HK*, & par conſequent à le faire virer. Car ſuppoſons pour un moment que la réſiſtance de l'eau ſoit infinie, enſorte qu'on puiſſe regarder le point *R*, milieu du gouvernail comme un point fixe, alors la force de l'homme appliquée en *Q*, aura toute la longueur *RQ*, pour bras de levier, & en pouſſant l'extrêmité de la barre de *Q*, en *a*, pouſſera par conſequent le point *H*, du côté du point *K*. mais pendant que cet homme pouſſe ainſi le bout de la barre de *Q*, en *q*, il pouſſe auſſi avec les pieds la poupe ou le point *H* avec une force égale & en ſens contraire, ou du côté du point *I*, voila donc deux forces égales directement oppoſées, appliquées l'une en *Q*, & l'autre en *H*; mais la premiere agit par le bras de levier *RQ*, & la ſeconde par le bras de levier *RH*, donc la premiere l'emportera ſur la ſeconde dans le rapport de *RQ*, à *RH*, ainſi le point *H* où la poupe du vaiſſeau ſera pouſſée du côté du point *K*: ce qui fera neceſſairement changer la direction de la quille *HM*. FIG. 22.

85. Je dis maintenant que la réſiſtance ou la force de l'eau réünie au milieu *R*, du gouvernail n'étant pas in-

finie, la poupe du Vaiſſeau ſera toujours pouſſée dans la direction RG, ou rg, perpendiculaire au gouvernail, avec une force égale à celle de la réſiſtance de l'eau contre le gouvernail; car ſoit f égale à cette force de l'eau réünie au point R. $HQ = m$. & $HR = n$, puiſque le gouvernail peut tourner librement ſur le point H il eſt évident que la force de l'homme appliquée en Q, eſt toujours proportionnelle à la force f, ou ſi l'on fait $m.n :: f. \frac{nf}{m}$, ce quatriéme terme $\frac{nf}{m}$ eſt toujours égal à la force que l'homme employe pour pouſſer le bout Q, du timon, car ſi cet homme vouloit pouſſer plus fort il feroit tourner le gouvernail plus vite, & augmenteroit par conſequent la force f, la barre QHR ou qHr, eſt donc pouſſée en même temps dans la direction perpendiculaire RG, ou rg, avec les deux forces f, & $\frac{nf}{m}$, l'une en R ou r & l'autre en Q, ou q. Mais l'homme en pouſſant le bout Q de la barre pouſſe auſſi en même temps avec les pieds la poupe, & par conſequent le point H. avec une force directement oppoſée & égale, c'eſt-à-dire que pendant que la barre QHR. eſt pouſſée avec une force égale à $f + \frac{nf}{m}$, elle eſt retirée au point H avec une force égale à $\frac{nf}{m}$, il ne reſte donc plus que la force f, avec laquelle la poupe eſt pouſſée dans la direction perpendiculaire au gouvernail. On voit évidemment que le Vaiſſeau virera d'autant plus vite que la force appliquée en Q, ſera plus grande, car la force f, augmentera à meſure qu'on tournera la barre plus promptement.

Cette premiere cauſe a lieu, ſoit que le Vaiſſeau ſoit arrêté, ou qu'il faſſe Route, mais la ſeconde n'a lieu que lors que le Vaiſſeau fait Route.

86. Pour expliquer facilement le mécaniſme de la

ſeconde cauſe, on voit en premier lieu que lors que le gouvernail eſt ſitué parallelement à la ligne de la Route, ou qu'il fait avec le ſillage du Vaiſſeau un angle égal à deux droits, il ne reçoit dans ce cas aucune impreſſion de la part de l'eau, & que par conſequent tant qu'il reſte dans cette ſituation, le Vaiſſeau ſuit la même Route. Mais lorſque la ligne de la Route *BL* ou ſa parallele *Rl*, fait avec le gouvernail l'angle *lRH*, la ſurface *HN* du gouvernail reçoit l'impulſion de l'eau avec une viteſſe égale à celle du ſillage du Vaiſſeau, & ſous l'angle d'incidence *lRH*. or ayant de compoſé, comme dans l'art. 36. la force totale de l'impreſſion de l'eau exprimée par *RG*. en deux laterales *RK*, *KG*, perpendiculaires & paralleles à la direction *Rl*, ou *BL*, de la Route, on verra évidemment que la laterale perpendiculaire agit en pouſſant la poupe du Vaiſſeau dans la direction *RK*, perpendiculaire à ſa Route, & par conſequent à le faire virer pendant que la laterale parallele *KG* diminuë & retarde ſon ſillage lui étant directement oppoſée ; d'où l'on voit que le Vaiſſeau virera d'autant plus vîte que la force laterale *RK* ſera plus grande, or il eſt clair que cette force peut augmenter par deux cauſes, la premiere par la vireſſe du Vaiſſeau, ou ce qui eſt le même, par la viteſſe de l'eau contre le gouvernail, & la ſeconde par l'angle d'incidence *lRH*, mais dans le temps qu'on veut virer ou changer la Route, on peut regarder la vireſſe du Vaiſſeau comme uniforme, ainſi pour virer le plus promptement qu'il eſt poſſible, il faut trouver le ſinus de l'angle d'incidence *lRH*, duquel il reſulte la plus grande force laterale perpendiculaire *RK*, cet angle donnera la ſituation la plus avantageuſe du gouvernail. FIG. 23.

87. Pour donc trouver le ſinus d'incidence qui donne la plus grande force laterale *RK*, ayant pris comme dans l'article 36. *HR*. pour le ſinus total *HP*, ſera le ſinus d'incidence, & faiſant $HR = a$, $HP = x$, RP ſera =

$\sqrt{aa-xx}$, & l'on trouvera, comme dans le même article, la valeur de la laterale perpendiculaire $KK = \frac{xx\sqrt{aa-xx}}{aa}$, laquelle doit être un plus grand, c'eſt pourquoi faiſant ſa difference égale à zero, on aura $\frac{2xdx\sqrt{aa-xx}}{aa} - \frac{x^3dx}{aa\sqrt{aa-xx}} = 0$ de laquelle on deduit $2 \times \sqrt{a-x} = \frac{xx}{\sqrt{aa-xx}}$, en multipliant tout par aa, & diviſant par xdx; & enfin ſi l'on multiplie chaque membre de cette équation par $\sqrt{aa-xx}$. On aura $2+\overline{aa-xx} = xx$ de laquelle on deduit $2aa = 3xx$ & $\frac{2}{3}aa = xx$. Ainſi le ſinus d'incidence de l'angle le plus avantageux que le gouvernail doit faire avec la ligne de la Route eſt $\sqrt{\frac{2}{3}}aa$, ce ſinus repond à un angle de 54. degrés 44. minutes. Voila préciſement la même ſituation la plus avantageuſe du gouvernail que Mrs le Chevalier Renaud, Huguens, Bernoully & Guinée, ont trouvé & dont nous avons parlé dans les Memoires de l'Academie de 1727. page 59. il eſt bon d'obſerver cependant que tous ces Mrs. ont ſuppoſé que le Vaiſſeau n'étoit point ſujet à la dérive, ou du moins que la dérive étoit nulle au lieu que nous y avons eu égard, mais comme nous avons pris la ligne ſuivant laq elle la pointe du Vaiſſeau commence à tourner perpendiculaire à celle de la Route ou du ſillage, la queſtion eſt devenuë préciſement la même.

88. Mais ſi ayant égard à la dérive on prend toujours la ligne ſuivant laquelle la pointe du Vaiſſeau commence a tourner perpendiculaire à la quille; il faudra pour lors décompoſer la force totale RG, en deux laterales perpendiculaires & paralleles à la direction de la quille; or à cauſe de la dérive la ſituation de la quille ou la direction ſelon laquelle on décompoſe la force

totale, étant differente de celle du fluide, la queſtion devient préciſement la même que celle de l'article 27. c'eſt-à-dire qu'ayant mené HS perpendiculaire à la direction de l'eau. HD perpendiculaire à la quille; & ayant fait HR égale au ſinus total $= (a)$ le ſinus d'incidence $HP = x$, & HC, ſinus du complement de l'angle SHD égal à l'angle MBL ou $MHL = b$; on trouvera comme dans l'article 28. que le ſinus d'incidence pour la plus grande force laterale RK, perpendiculaire à la quille eſt $x = \sqrt{\frac{1}{2}aa+\frac{1}{6}bb-\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}}$, on voit évidemment que l'angle de la dérive MHl égal à l'angle SHD Diminuant le ſinus $HC = b$ augmente, & que lorſque cet angle eſt nul le point C tombe au point S, & l'on a $b = a$, ſubſtituant dont (a) à la place de (b) dans $x = \sqrt{\frac{1}{2}aa+\frac{1}{6}bb-\frac{1}{2}\sqrt{a^4-\frac{10}{9}aabb+\frac{1}{9}b^4}}$ on aura $x = \sqrt{\frac{2}{3}aa}$ pour le cas que la dérive eſt nulle. Enfin ſi les bordages du Vaiſſeau changent le fil ou la direction de l'eau contre le gouvernail, on obſervera d'abord cette direction, & on trouvera comme ci-deſſus la plus grande force laterale perpendiculaire au ſillage.

SECTION VIII.

THEORIE.

De la Rame.

89. QUOIQUE le mecaniſme de rame paroiſſe fort ſimple, il merite cependant quelque explication pour connoître & déterminer. 1°. Quelle eſt la quantité de la force qui pouſſe & qui fait avancer le Bateau ou la Galere, reſultante de celles que les rameurs employent à tirer les rames 2°. Quelle eſt la longueur la plus avantageuſe qu'il faut donner à la partie de la rame depuis l'apoſtis ou le point ſur lequel la rame tourne juſqu'au milieu de la pale ou le centre de la réſiſtance de l'eau.

90. Pour déterminer en premier lieu la force avec laquelle les rames pouſſent, & tendent à faire avancer le Bateau ou la Galere, reſultante de celle des rameurs, il eſt clair qu'il ſuffit de conſiderer une ſeule rame *QHR*, muë par une force appliquée à ſon extrêmité *Q* qu'on peut d'abord conſiderer comme celle d'un ſeul homme; le point *H*, eſt celui de l'apoſtis ſur lequel la rame eſt attachée, enſorte qu'elle puiſſe tourner librement, & le point *R* le milieu de la pale ou le centre de la réſiſtance de l'eau; or pendant que la force de l'homme agit pour tirer l'extrêmité *Q*, dans la direction *QS*, parallele à la Route *BL*, la réſiſtance que la pale *R* trouve à fendre l'eau, agit en repouſſant le milieu *R* de la pale dans la direction *RT* parallele à *QS*; ainſi ce point *H* doit être pris pour le point d'appui, ou l'hipomoclion des deux leviers *HQ*, *HR*, d'où il ſuit que le même point *H* ſeroit pouſſé dans

FIG. 24.

la

la direction HG parallele à la Route avec force égale, à la ſomme de celle de l'homme au poinr Q, & celle de la réſiſtanee de l'eau au point R ; ſi dans le même temps que le rameur fait effort pour tirer l'extrêmité Q, il ne repouſſoit le barteau avec les pieds en ſens contraire, avec une force égale à celle qu'il employe pour rirer la rame, & que par conſequent le point H étant tiré dans la direction HI avec une force égale à celle du rameur, la ſeule force qui reſte pour tirer le point H dans la direction HG, & faire avancer le batteau, eſt égale à celle de la réſiſtance de l'eau ſur la rame. Ce que nous diſons d'une ſeule rame s'applique de ſoi-même, à tel nombre de rames qu'il y ait à un batteau ou une Galere ; & de même la force d'un ſeul rameur ſe peur entendre de celle de pluſieurs appliqués à une ſeule rame, en conſiderant leurs forces réünies à un point moyen Q, d'où l'on peur conclure que la quantité de la force qui fair avancer une Galere qui ne porte point de voiles, eſt toujours égale à la ſomme des réſiſtances de l'eau ſur toures les rames.

91. Pour comparer la force des rameurs à la force des réſiſtances de l'eau ſur toutes les pales des rames, & par conſequent à la force qui fait avancer une Galere : nous pourrons ſuppoſer d'abord le centre ou le milieu R de la pale comme un point fixe, & conſiderer que pendant que le rameur tire le point Q dans la direction QS, il agit par le bras de levier QR : ainſi ſon effort ſeroit à l'effort toral qu'il fait pour tirer le point H dans la direction HG comme HR, à QR, s'il ne repouſſoit en même tems le même point H dans la direction oppoſée. Soit la longueur $QR = a$, $HR = x$, & par conſequent $QH = a - x$. Si l'on prend $f =$ à la force que le rameur employe pour tirera la rame, on aura à cauſe des bras de leviers $HR, QR. x, a :: f, \frac{af}{x} =$ à la force avec laquelle le point H eſt tiré dans la

direction HG, en vertu de la puiſſance appliquée en Q. Mais nous avons dit que le rameur étant appuyé dans le batteau, ſa réaction retire le point H dans la direction oppoſée HI, avec une force égale à celle qu'il employe au point Q. Donc $\frac{af}{x} - f = \frac{af-fx}{x}$ ſera l'expreſſion de la force qui fait avancer le batteau ou la Galere, laquelle force doit être (comme nous avons dit) égale à l'action, ou à la réſiſtance de l'eau ſur la pale R, ce qu'on peut démontrer encore en prenant le point H pour l'hypomochlion des leviers HR, HQ, pour avoir $x. a-x :: f. \frac{af-fx}{x}$ égale à la réſiſtance appliquée en R; préciſement la même. Si la rame eſt par exemple de 18. pieds, la diſtance HR de l'apoſtis au centre de la pale de 10. pieds, & la force du rameur de 30. L. on aura $a = 18$, $x = 10$, & $f = 30$. D'où l'on titera $\frac{af-fx}{x} = \frac{18 \times 30 - 30 \times 10.}{10} = \frac{540-300}{10} = 24.$ L. valeur de la réſiſtance de l'eau ou de la force qui fait avancer le batteau, en vertu de la puiſſance f.

92. Pour trouver le rapport le plus avantageux entre les longueurs QH, & HR, ou, ce qui eſt le même, pour trouver le point Q de la rame, où le rameur doit appliquer la force pour faire le plus grand effet poſſible; le point H étant le centre du mouvement des mains de l'homme appliqués en Q, la force (f) agit par le bras de levier $QH = a - x$; ainſi le moment ou la quantité du mouvement de la puiſſance appliquée en Q, pour tirer le point H ſera $af - fx$. Cela poſé le point R étant pris comme nous avons fait ci-deſſus pour un point fixe, le point H déctira à chaque coup de rame, ou ſi l'on veut à chaque inſtant un arc qui aura HR pour rayon: or il eſt évident que ne pouvant y avoir qu'un certain nombre de coups de rame dans un temps donné, c'eſt de la grandeur de cet arc que dépend la quantité du che-

min que le batteau ou la Galere parcourt dans ce même temps donné ; ainſi par cette raiſon la Galere ira d'autant plus vîte que l'intervalle entre l'apoſtis, & le centre de la pale ſera plus grand, ou que la longueur HR ſera plus grande, mais d'un autre côté $HR(x)$ augmentent, HQ, $a-x$ diminuë, & par conſequent le moment de la puiſſance du rameur diminuë auſſi. Il faut donc trouver un rapport entre QH & HR, qui ſoit tel que le produit du moment $af-fx$, par l'arc décrit par le point H, ou, ce qui eſt le même, par ſon rayon $HR(x)$ ſoit le plus grand de tous les produits faits de même, ce qui eſt très aiſé, car le produit de $af-fx$ par x eſt $afx-fxx$, dont la difference eſt $afdx-2fxdx$, laquelle étant, ſuivant la methode, égalée à zero, on en déduit $2x=a$, donc $RH, x=\frac{1}{2}a$. Ce qui montre que pour faire faire à un rameur le plus grand effet poſſible, il faut que le point Q de la rame où il applique ſes mains, & le centre R de la pale ſoient également diſtants du point d'appui H.

93. Lorſqu'il y a pluſieurs rameurs appliqués à une ſeule rame, il faut ſuppoſer les efforts des differens rameurs réünis à un point moyen Q de l'intervalle AC, où ils ſont appliqués, & diviſer QR en deux également pour avoir le point H, qui doit porter ſur l'apoſtis.

SECTION IX.

USAGE DES TABLES,

Avec la réſolution des principaux Problemes de la Manœuvre.

94. LA premiere Table ne ſert qu'à la conſtruction des Tables pour la manœuvre des Vaiſſeaux, dont les tranches horiſontales ſont priſes pour des poligones ; comme il a été expliqué dans l'article 44.

La ſeconde ſert à conſtruire les Tables pour la manœuvre des Vaiſſeaux, dont les tranches ſont priſes pour des ſegments de Cercle, ainſi qu'il a été expliqué dans l'article 57.

Ces deux Tables ont beaucoup d'autres uſages que nous n'expliquerons pas ici, pour ne pas ſortir de notre ſujet.

La troiſiéme Table contient les ſituations les plus avantageuſes, tant de la voile que de la quille pour gagner au vent, & pour fuïr & perdre au vent, ainſi qu'il a été expliqué, article 30.

Les Tables 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. & 12. contiennent en premier lieu les angles de la quille & de la Route de 30. en 30. minutes, correſpondans aux angles de la voile & de la route, calculés ſuivant les methodes des articles 59. 61. 64. & ce ſont là les Tables deſirées par M. Bernoully ; ces mêmes Tables contiennent les rapports des viteſſes, dont la plus grande eſt exprimée par 100. calculés par l'article 69. les Tables des viteſſes ſont d'une très grande utilité.

95. Enfin ces mêmes Tables contiennent les rap-

ports des quantités de la dérive dont le calcul eſt très facile, car ſi *B L* eſt la longueur parcouruë par le Vaiſſeau dans un temps donné, ſi l'on prend *B P* égale à *B L*, la droite *P L* ſera la quantité de la dérive ; or ſi l'on prend l'eſpace parcouru *B L* pour le ſinus total, *PL* ſera la corde de l'angle de la dérive ; ainſi cette Table ne contient que la valeur des cordes des angles de la dérive le ſinus total étant de 1000. parties ſeulement, & il ſuffira dans la pratique de multiplier le chemin parcouru par le Navire par la corde de l'angle de la dérive, qu'on trouvera dans la Table, & on coupera les trois derniers chifres du produit pour avoir la quanrité de la dérive. FIG. 12. & 18.

96. Nous avons conſtruit les Tables 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. & 21. pour la pratique. Il eſt bon d'avertir que nous n'avons pas obſervé une exactitude rigoureuſe, puiſque nous nous ſommes ſervis de la troiſiéme Table, pour laquelle nous avons ſuppoſé les Vaiſſeaux exempts de dérive ; ainſi les ſituations de la voile ne ſont pas préciſement telles qu'elles devroient être, mais la difference d'un ou de deux degrés dans la poſition des voiles, n'eſt pas ſenſible dans la pratique.

Pour conſtruire ces Tables nous avons pris. 1°. Les angles du Rumb de vent & de la quille de trois en trois degrés, ce qui eſt ſuffiſant pour la pratique. 2°. Avec ces angles nous avons pris dans la troiſiéme Table les angles les plus avantageux de la voile & de la quille, tant pour gagner que pour perdre au vent, & les angles les plus avantageux de la voile & de la ligne du vent. 3°. Avec les angles de la voile & de la quille nous avons pris dans les Tables 4. 5. & 6. &c. Les angles de la dérive que nous avons ajoûtés avec les angles du rumb de vent & de la quille, pour avoir les angles du rumb de vent & de la Route. 4°. Nous avons pris les expreſſions ou les rapports des viteſſes dans les mêmes Tables 4. 5. & 6. correſpondantes aux angles de la voile & de la quille. 5°. Avec l'angle le plus avantageux

du gouvernail, pour le cas que le Vaiſſeau ne dérive point qui eſt de 54°. 44'. & les angles de la dérive, nous avons eu les angles les plus avantageux du gouvernail, pour virer vent devant, & pour virer vent arriere.

97. Dans toute navigation l'angle du rumb de vent, & de la route qu'on veut ſuivre eſt toujours connu ou donné; car autrement il faudroit commencer à le déterminer par les régles du Pilotage, or il eſt évident par tous les principes de la manœuvre que la dérive eſt d'autant plus petite que cet angle eſt plus obtus, & qu'elle eſt d'autant plus grande que ce même angle eſt plus aigu.

Mais comme il eſt très difficile de s'aſſurer à un demi degré près, de l'angle de la ligne du vent & de la route, ou ſi l'on veut de l'angle du meridien de la Bouſſole avec la ligne de la route, nous avons crû qu'on pouvoit regarder comme inſenſible tout angle de la dérive moindre de 30. minutes; ainſi nous dirons qu'il n'y a point de dérive lorſqu'elle ne va pas à un demi degré.

Les lignes de la direction de la quille & de celles de la route, different entr'elles de la quantité de la dérive, & cependant l'uſage des Pilotes & generalement de tous ceux qui ſe mêlent de la conduite des Vaiſſeaux, a été de diriger la quille dans la ligne de la route, & par-là ils s'écartent de leur vraïe route de la quantité de la dérive. Il eſt vrai que ne connoiſſant pas la quantité de la dérive, c'eſt bien là le parti le plus ſûr, ſauf à ſe corriger enſuite par le ſecours des régles du Pilotage. Il arrive même quelquefois que lorſqu'on ne tient pas la quille dans la direction de la route, ou qu'on ne tient pas le cap ſur la ligne de la route, cette erreur ſe corrige par la dérive, & l'on dit alors que la dérive a valu la route.

98. En connoiſſant l'angle de la dérive, on pourra toujours tenir le Vaiſſeau dans ſa route, ou comme l'on dit, porter toujours à route, en faiſant faire à la

quille un angle avec la route, égal à l'angle de la dérive ; mais pour cela il faut avoir des Tables dans leſquelles on puiſſe trouver toutes les dérives correſpondantes aux differentes routes. Je penſe que je ſuis le premier qui a donné ces Tables, & j'oſe dire que leurs uſages feront connoître de plus en plus la neceſſité de les avoir ; mais comme on ne quitte pas aiſément les uſages établis quoique vicieux particulierement dans la Navigation, je prevois que celui de nos Tables ne s'établira que peu à peu & avec le temps.

99. Les Marins ont reconnu par experience qu'il y a un certain point juſqu'auquel on peut ſerrer le vent, & qu'ils n'ont jamais pû déterminer ; mais nous avons vû avec plaiſir que nos Tables devoient ſe terminer à ce point, & le calcul méme nous a fait connoître, & nous a pour ainſi dire averti que nous ne devions pas les pouſſer plus loin.

Nous avons donc prolongé nos Tables juſques au point du plus petit angle que la ligne de la quille, puiſſe faire avec la ligne du vent, paſſé lequel comme nous avons dit art. 24. Si on vouloit ſerrer le vent de plus près en diminuant ce même angle, on augmenteroit par la dérive l'angle de la ligne du vent & de la route dans un plus grand rapport.

100 Comme la plus grande dérive des Vaiſſeaux ſe trouve neceſſairement à ce point, qu'on ſerre le vent de plus près qu'il eſt poſſible, & que de plus on fait les angles de la voile & de la quille plus ou moins grands, n'ayent eû aucune régle certaine là-deſſus juſqu'ici ; les meilleurs Manœuvriers n'ont évalué la plus grande dérive que par des à peu près très incertains, quelques-uns l'ayant faite de 15. à 16. degrés, d'autres de 22. & d'autres de 30. Il eſt vrai que deux Vaiſſeaux ont rarement leurs plus grandes dérives égales, mais on peut par nos Tables lever cette difficulté, & connoître auſſi préciſement qu'il eſt néceſſaire pour la prati-

que, la plus grande dérive d'un Vaiſſeau.

101. Mais la cauſe la plus conſiderable qui fait dériver les Vaiſſeaux, & qui empêche qu'on ne puiſſe ſerrer & tenir le lit du vent auſſi prêt qu'on le pourroit, vient de ce que preſque tous les Manœuvriers lorſqu'ils portent le cap au plus prés, font l'angle des voiles & de la quille trop petit; il eſt vrai que par-là ils profitent le plus qu'ils peuvent de la force du vent ſur les voiles, mais il eſt aiſé de voir que cette force eſt pour lors preſque toute employée à pouſſer le Navire par le côté, ce qui le fait déchoir & perdre le lit du vent d'une plus grande quantité, que ſi on l'avoit ſerré de moins prés. En voici un exemple, le Capitaine Cowlay Anglois, dans ſon Voïage autour du Monde, ſe trouvant dans le beſoin de ſerrer le vent au plus prés, dit *que le 29. May à midi 1686. ſur ce que le vent tourna à l'oueſt ſud-oüeſt, nous cinglames nord-oüeſt avec les voiles de peroquet deployées, mais le Vaiſſeau ne pût jamais ſerrer le vent d'aſſés prés, ni courir que nord-quart à l'oüeſt*, &c. D'où l'on voit que la quille avec la ligne du vent, faiſoient un angle de 67. degrés 30. minutes, & que la dérive fut de 22. degrés 30. minutes. Or je trouve que pour avoir une ſi grande dérive, il faut que ce Capitaine ait fait faire aux voiles & à la quille un angle de 14. degrés pendant qu'il pouvoit le faire au moins de 24. & il auroit ſerré le vent de $\frac{1}{4}$ de rumb plus prés ou environ.

Pour donner une intelligence plus complete des uſages de mes Tables, je vais donner quelques exemples en forme de Problemes ſur la manœuvre, & cela principalement ſur les Vaiſſeaux dont la proüe fait un angle curviligne de 30. degtés, ou dont les tranches horizontales de la carene, ſont à peu prés des ſegmens de 30. degrés, joints par une corde commune qui repreſente la quille, ce qui eſt la ſuppoſition de M. Bernoully; & il eſt aiſé de reconnoître qu'il ſuffit que la proüe ou l'avant du Vaiſſeau ait, à peu prés, cette forme

forme, & qu'il importe peu de quelle forme que ſoit la poupe.

102. Comme dans la Pratique de la Navigation il ne faut pas ſe promettre une exactitude d'un degré de plus ou du moins, & ſouvent même de pluſieurs degrés ; à cauſe, comme nous avons dit, des courans des marées, & quelquefois faute de connoître parfaitement la déclinaiſon de la Bouſſole ; ſi l'intervale ou l'angle entre le lieu de la route & le rumb, ou l'air du vent eſt donné en quart du rumb, on les réduira en degrés à raiſon de 11. degrés 15. minutes : ce qui donnera l'angle de la ligne du vent & celle de la route qu'on cherchera dans les Tables, & s'il ne s'y trouve pas exactement, on prendra le plus prés.

PROBLEME I.

La direction de la route érant donnée avec celle du rumb ou de la ligne du vent, trouver l'angle des voiles avec la quille, & la dérive.

103. Ce Probleme eſt tout réſolu par les Tables ; car ſi la difference entre le lieu de la route & la ligne du vent eſt donnée en $\frac{1}{4}$ de rumb, on les reduira en degrés, à raiſon de 11. degrés 15. minutes par $\frac{1}{4}$ de rumb, pour avoir l'angle de la ligne du vent & de la route ; on cherchera cet angle dans la Table, ou ſon plus proche, & on trouvera vis-à-vis dans les autres colomnes l'angle de la voile & de la quille, la dérive &c.

EXEMPLE.

104. On veut par un vent d'Eſt faire route au oueſt, nord-oueſt, l'intervale entre le rumb de vent, & le lieu de la route eſt de 14. quarts de rumbs qui ſont 157. degrés 30. minutes : & comme nous prenons dans nos Exemples les Vaiſſeaux dont la prouë fait un angle de 30. degrés, on cherchera dans la Table 15. à la colonne des angles du rumb de vent & de la route 157.

degrés 30. minutes ; & comme il ne ſe trouve pas exactement, on prendra le plus proche 158. degrés, & l'on aura vis-à-vis, l'angle de la voile & de la quille de 75. degrés, car on peut abandonner les minutes. L'angle de la voile & de la ligne du vent de 83. degrés & comme la dérive eſt moindre que 30. minutes, elle eſt nulle ou inſenſible ; ainſi l'angle du rumb de vent & de la quille eſt auſſi de 158. degrés, & dans ce cas la direction de la quille doit être la même que celle de la route.

SECOND EXEMPLE.

105. Par un vent de nord oüeſt, on veut faire route au oüeſt ſud-oüeſt.

L'intervale entre la ligne du vent & celle de la route eſt de 6 quarts de rumbs, qui font 67 degrés 30 minutes, qu'on ne trouve pas exactement dans la Table des angles du rumb de vent & de la route : il faut donc prendre le plus proche qui eſt 66 minutes 30 degrés pour avoir vis-à-vis l'angle de la voile & de la quille de 23 degrés 43 minutes, ou ſimplement de 24 degrés. L'angle de la voile & du vent de 40 degrés. La dérive de 2 degrés 30 minutes, & l'angle du rumb de vent & de la quille de 64 degrés ; d'où l'on voit que dans ce cas pour que la dérive valut la route, il faudroit porter le cap 2 degrés 30 minutes plus à l'oüeſt que la route : & le Vaiſſeau iroit à la bouline.

TROISIE'ME EXEMPLE.

106. Par un vent de nort nort-d'Eſt, on veut faire route au ſud-eſt, 7 degrés 30 minutes vers le ſud, ce qui fait 10 quarts de rumb plus 7 degrés 30 minutes, ou 120 degrés pour l angle du rumb de vent & de la route, qu'on trouve exactement dans la Table & l'on a vis-à-vis 51 degrés pour l'angle de la voile & de la quille, 68 degrés pour l'angle d'incidence du vent ſur les voiles ; 1 degré de dérive, & 119 degrés pour l'angle du

rumb de vent & de la quille ; ainſi pour que la dérive vaille la route, il faut porter le cap à un degré plus prés de l'Eſt que le lieu de la route, & on aura vent largue.

PROBLEME II.

Déterminer les rapports des viteſſes du Vaiſſeau des trois Exemples précedens, en ſupoſant que l'action ou la force du vent ſur les voiles ſoit la même dans ces trois cas.

107. Avec l'angle du rumb de vent & de la route ; on prendra dans la colomne des viteſſes les expreſſions des viteſſes pour chaque Exemple, & on trouvera celle du premier de 972, celle du ſecond de 603, & celle du troiſiéme de 902 ; ces trois viteſſes ſont donc entr'elles comme ces nombres 972, 603, & 902, dont l'une étant connuë en lieuës par heures, ou par jours, les deux autres le ſeront auſſi. Si la premiere eſt par exemple de 3 lieuës par heures, ou 72 lieuës par jour, pour avoir la viteſſe du Vaiſſeau du ſecond Exemple, on dira ſi 972 donnent 72 lieuës, 603 donneront $44\frac{5}{7}$ lieuës, & pour celle du troiſiéme Exemple on dira de même, ſi 972 donnent 72 lieuës, 902 donneront 66 lieuës $\frac{7}{9}$ ou environ : d'où l'on voit que le même Vaiſſeau faiſant dans la route du premier Exemple 72 lieuës par jour, fera dans la route du ſecond 44 lieuës $\frac{5}{7}$ par jour, & dans celle du troiſiéme 66 lieuës $\frac{7}{9}$. Ainſi ayant fait une ſeule fois une eſtime juſte du chemin ou ſillage d'un Vaiſſeau, dans une route quelconque, on connoîtra par ce Probleme ſon ſillage dans toute autre route ; pourvû toute fois que l'action du vent ſur les voiles ſoit la même, mais comme en changeant de route il faut neceſſairement que l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, ou l'angle de la ligne du vent & de la voile change auſſi, l'action du vent ſur les voiles ne ſçauroit être la même dans les differentes routes.

PROBLEME III.

Déterminer les rapports entre les viteſſes d'un Vaiſſeau dans ſes differentes routes, & les differens angles d'incidence du vent ſur les voiles.

108. Nous prendrons les trois Exemples précedens, dans leſquels il s'agit de déterminer les viteſſes du Vaiſſeau, en y faiſant entrer les rapports entre les differentes forces du vent ſur les voiles, cauſées par l'angle d'incidence de la ligne du vent ſur les voiles, ce qui eſt très facile; car par l'article 70. ſi l'angle d'incidence du vent ſur les voiles change pendant que celui de la voile & de la quille reſte le même, auſſi bien que la viteſſe du vent, les viteſſes ou ſillages du Vaiſſeau ſeront dans la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles; ainſi faiſant entrer dans les rapports des viteſſes des trois Exemples précedens celui des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, on aura les viteſſes requiſes. La viteſſe du premier Exemple eſt 972. celle du ſecond 603. & celle du troiſiéme 902. & l'on trouve dans la Table que l'angle de la voile & de la ligne du vent eſt pour le premier Exemple de 82. degrés 35. minutes, ou 83. degrés. Pour le ſecond Exemple de 40. degrés, & pour le troiſiéme de 68. degrés; on a donc ces trois angles 83. 40. & 68. dont les ſinus ſont 99254. 64279. & 92718. multipliant le premier par 972. le ſecond par 603. & le troiſiéme par 902. on aura ces trois produits 96474888. 38760237. & 83631636. qui ſont les expreſſions des viteſſes des trois cas. Enfin ſi comme dans le Probleme précedent, on connoît le chemin ou le ſillage du Vaiſſeau d'un des trois cas, on trouvera les deux autres par la regle de proportion. Si par exemple le Vaiſſeau a fait dans le premier cas, ou la premiere route 72. lieuës en 24. heures, pour avoir ſon ſillage dans la ſeconde, on dira, ſi 96474888. donnent 72.

combien 38760237. on trouvera en achevant la regle 28. lieuës $\frac{1}{10}$. & pour le troiſiéme, ſi 96474888. donnent 72. combien 83631636. on trouvera 62. lieuës $\frac{4}{10}$. Ainſi le Vaiſſeau faiſant dans le premier cas 72. lieuës par jour, feroit dans le ſecond cas 28. lieuës $\frac{1}{10}$. & dans le troiſiéme 62. lieuës $\frac{4}{10}$. Mais outre les differentes routes, les differens angles d'incidence du vent ſur les voiles, il arrive encore très ſouvent que les viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles ne ſont pas égales ou les mêmes; ce qui doit augmenter le ſillage du Vaiſſeau dans un certain rapport qu'on ne ſçauroit déterminer, ſans connoître à peu près le rapport entre les differentes viteſſes du vent. On trouve dans pluſieurs Auteurs des moyens pour connoître les differentes viteſſes rélatives du vent, principalement par une machine en forme de moulin à vent décrite par Wolsfius que M. Dons-en-bray Honoraire de l'Academie a rectifiée & perfectionnée. Mais au défaut de ces machines, voici une methode ſimple & facile pour connoître les rapports entre les viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles.

109. Mettez ſur une verge de bois ou de fer *A B* un quart de cercle *C D E* en forme de giroüete, au centre duquel vous arreſterés un fil de ſoïe un peu fort, lequel fil ſoutiendra une boule bien ronde de bois, ou de quelqu'autre matiere plus legere que le bois Or il eſt évident que plus le vent ſera fort plus la boule montera, & fera marquer au fil *C Q* un plus grand nombre de degrés ſur le quart de cercle en allant de *D* en *E*.

PROBLEME IV.

110. Trouver les rapports entre les viteſſes rélatives du vent.

Suppoſons que le vent ſouflant ſur la boule *F* la fait monter, & marquer par la ſoïe l'arc *D G*, & qu'enſuite le vent devenant plus fort il fait monter la boule &

Fig. 22. marquer l'arc *D H*, par le fil *C R*. Cela paſſé je dis que ces deux viteſſes du vent ſont entr'elles, comme les racines des tangentes des arcs *D G*, *D H*.

DEMONSTRATION.

111. La boule dans ces deux poſitions ou ſituations *F*, & *I*, eſt pouſſée par l'impulſion du vent qu'elle reçoit dans les directions horizontales *F M*, *I N*, pendant qu'elle tend à deſcendre par ſon propre poids dans les verticales *K F*, *L I*; or il eſt évident qu'ayant pris ces verticales *K F*, *L I*, égales pour exprimer la force avec laquelle la boule tend à deſcendre, & ayant achevé les paralellogrames *Q M*, *R N*, les horizontales *F M*, *I N*, exprimeront les forces de l'impulſion du vent ſur la boule : mais les Triangles *K F M*, *C D O*, étant ſemblables auſſi bien que les Triangles *L I N*, *C D P*, on aura *F M*, *I N*, : : *D O*, *D P*. Donc les forces des impulſions du vent ſur la boule ſont entr'elles comme la tangente *D O* de l'arc *D G*, à la tangente *D P*, de l'arc *D H*. Et puiſque les impulſions ſont comme les quarrez des viteſſes, il faut que les viteſſes ſoient comme les racines des forces des impulſions, ou comme les racines des tangentes *D O*, *D P*.

EXEMPLE.

112. Si l'arc *D G* eſt de 35. degrés, & l'arc *D H* de 45. degrés, les tangentes de ces deux arcs ſont 70020. & 100000. & leurs racines ſont 264. & 316. Ainſi les viteſſes de ces deux vents ſeront entr'elles comme 264. à 316. ou comme 66. à 79.

PROBLEME V.

Connoiſſant le rapport entre les viteſſes du vent, déterminer ceux des viteſſes d'un Vaiſſeau dans ces differentes routes, & ces differens angles d'incidence du vent ſur les voiles.

113. Je prens encore les trois Exemples du premier Probleme, pour leſquels ayant trouvé les rapports des viteſſes ſuivant les differentes routes & les angles d'incidence du vent ſur les voiles; ſi les viteſſes du vent des trois cas ſont entr'elles dans le même ordre que ces trois nombres 66. 79. & 80. les viteſſes étant par le troiſiéme Probleme 72. 28. $\frac{1}{10}$. & 62. $\frac{1}{10}$. on multipliera 66 par 72. 79 par 28 $\frac{1}{10}$. & 80 par 62, $\frac{1}{10}$. pour avoir les trois produits 4752. 2283 $\frac{1}{10}$. 4992. ou les trois expreſſions des viteſſes du Vaiſſeau; car par l'article 75, les viteſſes d'un Vaiſſeau dans differentes routes, ſous des angles d'incidence du vent ſur les voiles differens, & differentes viteſſes du vent, ſont en raiſon compoſées de la raiſon ſous doublée réciproques des diagonales, de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & de la raiſon ſimple des viteſſes du vent.

114. Voila le Probleme le plus compoſé, & en même temps le plus utile de toute la manœuvre: Il eſt cependant très ſimple, car ayant reconnu une ſeule fois par une eſtime bien juſte, qu'un Vaiſſeau a fait tant de chemin par heure, les angles des voiles & de la quille, des voiles & de la ligne du vent étant connus, avec l'expreſſion de la viteſſe du vent, on aura un rapport conſtant, & qui ſervira de terme de comparaiſon pour tous les autre cas, ou toutes les autres routes du même Vaiſſeau, ſous quel angle d'incidence du vent ſur les voiles, & ſous quelle viteſſe reſpective du vent que ce ſoit. Si l'on ſçait par exemple, qu'un Vaiſſeau a fait 2. lieuës ½ par heure, ayant l'angle des voiles & de la quille de 60. degrés, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 74. degrés, & l'expreſſion de la viteſſe du vent de 80. ayant reconnu qu'on peut rapporter la forme de ſon Vaiſſeau à la Table 15. On prendra avec l'angle de la voile & de la quille de 80. degrés, l'expreſſion de la viteſſe laquelle ſera de 932.

& l'on formera un produit de ces trois quantités ſçavoir,
De l'expreſſion de la viteſſe 932.
Du ſinus d'incidence 74. degrés, qui eſt 96126.
Et de la viteſſe du vent 80.
Ce produit ſera 7167154560. lequel avec les 2. lieuës $\frac{1}{2}$ par heure formeront un terme de comparaiſon conſtant pour toutes les differentes routes du Vaiſſeau, ſous quel angle d'incidence du vent ſur les voiles, & quelle expreſſion de viteſſe du vent que ce ſoit.

EXEMPLE.

115 Le même Vaiſſeau que ci-deſſus, a fait route pendant cinq heures ayant l'angle des voiles & de la quille de 22. degrés, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 30. degrés, & l'expreſſion de la viteſſe du vent de 90 degrés. On aura ces trois quantités, ſçavoir,
L'expreſſion de la viteſſe priſe dans la Table vis-à-vis de 22. degrés de 588.
Le ſinus d'incidence de 30. degrés de 50000.
Et l'expreſſion de la viteſſe du vent de 90
Le produit de ces trois quantités eſt 2646000000. pour donc avoir le chemin ou le ſillage du Vaiſſeau, on dira ſi 7167154560. ont donné 2. lieuës $\frac{1}{2}$ par heure, combien donneront 2646000000. ayant achevé la regle, on trouvera que le ſillage du Vaiſſeau eſt à peu de choſe près, $\frac{9}{10}$ d'une lieuë par heure, & en cinq heures de tems de 4. lieuës $\frac{1}{2}$.

AUTRE EXEMPLE.

116. L'angle des voiles & de la quille étant de 51. degrés, celui d'incidence du vent ſur les voiles de 75. degrés, & l'expreſſion de la viteſſe du vent de 80. on demande le chemin que le Vaiſſeau a parcouru en cet état en 30. heures de tems.

La viteſſe correſpondante à 51. ſera de 902 le ſinus de 75 degrés de 96593. & la viteſſe du vent de 80.

80. Le produit de ces trois quantités eſt 6970150880. ainſi on dira ſi 7167154560. donnent 2. lieuës & demi par heure, combien donneront 6970150880.; la régle étant faite, on trouve 2. lieuës & $\frac{4}{17}$. par heure, qui font en trente heures 72. lieuës $\frac{4}{17}$.

REMARQUE.

117. Les Problemes précedens ſuffiſent pour connoître à comparer les ſillages d'un même Vaiſſeau dans ſes differentes routes, & ſes differentes voilures; mais quoique nous n'ayons pris qu'une forme de Vaiſſeau telle qu'on peut la rapporter aux Tables 6. & 15. Il eſt aiſé de voir qu'on doit operer préciſement de la même maniere, ſur toutes les autres formes de Vaiſſeaux, qu'on peut rapporter à nos differentes Tables de manœuvre; mais pour comparer les ſillages de deux ou de pluſieurs Vaiſſeaux, il faudroit connoître au moins de combien les uns ſont meilleurs voiliers que les autres.

Entre pluſieurs cauſes qui rendent les Vaiſſeaux bons ou mauvais voiliers, la principale vient de leurs forme ou de leur gabarit, & c'eſt celle-là que nous ſauvons preſque entierement par nos neuf differentes Tables de manœuvre; il eſt vrai qu'à la rigueur pour ce qui eſt des rapports des viteſſes, ces Tables ne peuvent ſervir que pour comparer les viteſſes d'un même Vaiſſeau: car pour avoir exactement les rapports entre les viteſſes des differens Vaiſſeaux, il faudroit avoir égard à leur forme & à leur grandeur, & il faudroit même y faire entrer les proportions des grandeurs des voiles. J'avois deſſein d'entrer dans ces recherches, & de donner des régles Geometriques pour déterminer ces rapports, & faire entrer ces conſiderations dans nos Problemes de manœuvre; mais ayant fait réflexion depuis, que pour avoir ce nouveau degré d'éxactitude, qui ne ſeroit preſque pas ſenſible dans la prati-

que, nous rendrions nos Problemes trop compliqués & nous ſortirions, par-là, de cette ſimplicité ſi néceſſaire pour l'uſage & la pratique des Marins; outre qu'on ne ſera que rarement à portée de connoître exactement les formes des Vaiſſeaux, dont on voudra comparer les viteſſes ou les ſillages.

J'ai dit que ce nouveau degré d'exactitude ne ſeroit preſque pas ſenſible dans la pratique, car il eſt aiſé de voir par nos principes de manœuvre, que le défaut d'éxactitude ne ſçauroit être que d'une partie de la difference, entre les ſillages d'un Vaiſſeau bon voilier, & d'un Vaiſſeau peſant à la voile; & ſuivant M. Guillet le meilleur voilier d'une Flote, ne ſçauroit faire par jour trois ou quatre lieuës de plus, que ce que feroit le plus peſant de voile.

PROBLEME VI.

Comparaiſon des viteſſes de deux Vaiſſeaux, lorſqu'ils ont. 1°. Les angles des voiles & de la quille inégaux, mais les angles d'incidence du vent ſur les voiles égaux, & des viteſſes rélatives du vent égales. 2°. Lorſque les angles d'incidence du vent ſur les voiles ſont inégaux, mais que les angles des voiles & de la quille ſont égaux, & les viteſſes du vent égales. 3°. Lorſque les viteſſes du vent ſont inégales, mais les angles des voiles & de la quille égaux, avec les angles d'incidence du vent ſur les voiles égaux. 4°. Lorſque les viteſſes du vent ſont égales, mais les angles des voiles & de la quille, & les angles d'incidence du vent ſur les voiles inégaux. 5°. Lorſque les angles d'incidence du vent ſur les voiles ſont égaux, mais les angles des voiles & de la quille inégaux, avec les viteſſes du vent inégales. 6°. Lorſqu'enfin les angles des voiles & de la quille ſont égaux, mais les angles d'incidence du vent ſur les voiles inégaux, & des viteſſes du vent inégales.

Les réſolutions de ces ſix cas dépendent chacun d'un article de la ſixiéme ſection. Le premier de l'article 67. le ſecond de l'article 70. le troiſiéme de l'article 71. le quatriéme de l'article 72. le cinquiéme de l'article 73. & le ſixiéme de l'article 74.

EXEMPLE.

Sur le premier Cas.

119. Comme dans ce cas il n'y a que les angles des voiles & de la quille qui ſoient inégaux, les viteſſes des deux Vaiſſeaux ſeront entr'elles par l'article 68. dans les rapports des viteſſes marquées dans les Tables, ainſi l'angle des voiles & de la quille du premier étant de 70. degrés, & celui du ſecond de 65. & ſi de plus les formes des Vaiſſeaux ſont telles qu'on puiſſe rapporter le premier à la Table 6. ou 15. & le ſecond à la Table 9. ou 18. On trouvera dans ces Tables à la colomne des viteſſes vis-à-vis 70. degrés 964. pour l'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau : & vis-à-vis 65. degrés dans l'autre Table 946. pour l'expreſſion de la viteſſe du ſecond Vaiſſeau, ainſi ces deux viteſſes ſeront entr'elles comme 964. & 945. ou comme 100. à 98.

On peut obſerver ici le peu de difference qu'il y a entre ces deux viteſſes, quoique celle du premier Vaiſſeau doive être plus grande que celle du ſecond par deux raiſons, la premiere par la grandeur de l'angle des voiles & de la quille, & la ſeconde par la forme du Vaiſſeau ou l'angle de la proüe, d'où l'on voit qu'une difference d'un ou de deux degrés dans la poſition des voiles, ne ſçauroit faire une erreur ſenſible dans la Pratique, non plus que quelque difference dans la forme des deux Vaiſſeaux.

rélatives du vent qui ſoient inégales, leurs viteſſes ſeront dans le même rapport que celui des viteſſes rélatives du vent. Si ce rapport eſt de 100. à 115. la viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, comme 100. à 115.

Mais ſi les formes des Vaiſſeaux ne ſont pas les mêmes & que pendant que le premier peut être rapporté aux Tables 6. & 15. le ſecond peut ſe rapporter aux Tables 10. & 19. alors il faut connoître l'angle des voiles & de la quille, quoiqu'il ſoit le même aux deux Vaiſſeaux, & cela pour pouvoir prendre les expreſſions des viteſſes dans chaque Table; ſi cet angle eſt de 30. degrés, on trouvera dans la Table 15. pour le premier Vaiſſeau 696. dans la colomne des viteſſes, & dans la Table 19. pour le ſecond Vaiſſeau 682. & la viteſſe du premier ſera à celle du ſecond, comme le produit de 696. par 100. eſt au produit de 682. par 115. ou à peu près comme 100. à 113.

EXEMPLE.

Sur le quatriéme Cas.

121. Les expreſſions des viteſſes du vent étant égales, ſi l'angle des voiles & de la quille du premier Vaiſſeau eſt de 60. degrés, & celui du ſecond Vaiſſeau de 35. degrés l'angle d'incidence du vent ſur les voiles du premier Vaiſſeau de 77. degrés, & le même angle ſur les voiles du ſecond Vaiſſeau de 70. Si la forme des Vaiſſeaux eſt telle qu'on puiſſe rapporter, le premier aux Tables 6. ou 5. & le ſecond aux Tables 9. ou 18. on trouvera dans la colomne des viteſſes des Tables 6. ou 15. pour 60. degrés 932. & dans les Tables 9. & 8. pour 35. degrés 740. mais le ſinus de 77. degrés eſt 97437. & celui de 70 degrés eſt 93967. or par l'article 62, la viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, comme le produit de 932. par 97437. au produit.

de 740. par 93969. ou à peu près comme 100. à 76.

EXEMPLE.

Sur le cinquiéme Cas.

123. Les angles d'incidence du vent ſur les voiles des deux Vaiſſeaux, étant chacun de 70. degrés, l'angle des voiles & de la quille du premier de 81. degrés, & du ſecond de 60. degrés; ſi la forme de ces deux Vaiſſeaux eſt telle qu'on les puiſſe rapporter à la Table 6. ou à la Table 15. on trouvera les expreſſions des viteſſes ou des diagonales, pour 81. degrés de 984. & pour 60. degrés de 932. Mais ſi les viteſſes du vent ſont entr'elles comme 60. à 70. la viteſſe du premier Vaiſſeau, ſera par l'article 73. à la viteſſe du ſecond, comme le produit de 984. par 60. au produit de 932. par 70. ou comme 59040. à 65240. ou à peu près comme 100. à 110.

Mais ſi la forme des Vaiſſeaux eſt differente, enſorte que le premier ſe pouvant rapporter à la Table 6. ou 15. le ſecond ſe rapporte à la Table 10. ou 19. on trouvera comme ci-deſſus dans la Table 15. pour 81. degtés 984. & dans la Table 19. pour 60. degrés 921. ſi les viteſſes du vent ſont les mêmes que ci-deſſus, la viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, comme le produit de 984. par 60. au produit de 921. par 70. ou comme 100. à 109.

EXEMPLE.

Sur le ſixiéme Cas.

124. Les angles des voiles & de la quille des deux Vaiſſeaux étant de 83. degrés, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles du premier Vaiſſeau de 87. degrés, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles du ſecond Vaiſſeau de 70. degrés, la viteſſe rélative du vent ſur

le premier Vaiſſeau de 80. & celle ſur le ſecond de 90. on demande le rapport entre les viteſſes de ces deux Vaiſſeaux. Par l'article 74, les viteſſes ſont dans ce cas en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des ſinus d'incidences du vent ſur les voiles, & de la raiſon ſimple des viteſſes du vent ; ainſi la viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, comme le produit du ſinus de 87. degrés, qui eſt 99863. par 80. au produit du ſinus de 70. degrés, qui eſt 93969. par 70 Or ces produits 7989040. & 8457210. ſont entre eux à peu près comme 100. à 106. ainſi la viteſſe du premier Vaiſſeau ſera à celle du ſecond, à peu près, comme 100. à 106. je dis à peu près, car il ne faut pas ſe promettre ici une entiere exactitude ; mais c'eſt toujours beaucoup de pouvoir en approcher vû le grand nombre des cauſes d'irregularité qu'on rencontre dans la Pratique, & que les Marins réconnoiſſent fort bien.

Nous avons ſuppoſé dans cet Exemple que les formes des Vaiſſeaux ſont ſemblables, ou qu'on peut les rapporter aux mêmes Tables ; mais ſi les Vaiſſeaux ne ſont pas ſemblables & qu'on ſçache que pendant qu'on peut rapporter le premier, par exemple, aux Tables 6. & 15. le ſecond ſe peut rapporter aux Tables 9. & 18. alors aprés avoir trouvé le rapport des viteſſes, comme ci-deſſus, on prendra dans ces Tables avec l'angle des voiles & de la quille, que nous ſuppoſerons encore de 83. degrés : les viteſſes correſpondantes à cet angle de 83. & l'on trouvera 988. pour le premier Vaiſſeau, & 993. pour le ſecond ; ainſi ayant trouvé pour notre même Exemple, que les viteſſes ſont en raiſon de 100. à 106. on compoſera ces deux raiſons, c'eſt-à-dire que la viteſſe du premier Vaiſſeau, ſera à celle du ſecond, comme le produit de 988. par 100. eſt au produit de 993. par 106. ou comme 98800. à 105258. ou enfin comme 100. à 106. $\frac{1}{2}$.

REMARQUE.

125. Les trois premiers Problemes & le cinquiéme, contiennent comme nous avons dit dans la Remarque précedente, les methodes de déterminer par l'uſage de nos Tables les differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, avec les diſpoſitions les plus avantageuſes tant des voiles que de la quille, pour faire une route donnée avec un vent donné, & dans le Probleme 6. nous avons donné les methodes de comparer les viteſſes ou ſillages de deux Vaiſſeaux, ou d'un même Vaiſſeau dans differentes routes, & differentes diſpoſitions des voiles, & cela dans tous les cas, & ſans avoir égard aux diſpoſitions les plus avantageuſes; leſquelles vrai-ſemblablement ne ſeront pas toujours choiſies par les Manœuvriers: mais de quelle façon qu'on s'y prenne, il ſera toujours très facile de comparer, & même de déterminer les ſillages des Vaiſſeaux par les methodes de ce Probleme. Je conviens cependant qu'on peut ne pas s'attacher ſcrupuleuſement à mettre les voiles dans les diſpoſitions les plus avantageuſes, pour courir une route donnée par un rumb de vent donné; parce que cinq ou ſix degrés de plus ou de moins dans l'angle des voiles & de la quille, ne diminuent pas ſouvent le ſillage d'un Vaiſſeau de $\frac{1}{10}$ de ce qu'il feroit, ſi les voiles étoient préciſement dans les diſpoſitions les plus avantageuſes, comme nous allons voir par le Probleme ſuivant, & c'eſt là un avantage conſidérable pour la Pratique.

PROBLEME VII.

126. Comparaiſon des viteſſes ou ſillages d'un même Vaiſſeau mû par un même vent, entre l'état que l'angle des voiles & de la quille eſt le plus avantageux, & l'état auquel ce même angle eſt plus grand ou plus petit de pluſieurs degrés que l'angle le plus avantageux.

Pour faire cette comparaiſon le plus exactement qu'il

qu'il eſt poſſible, nous ne négligerons pas les minutes qui ſont dans nos Tables. Il eſt évident que l'angle du rumb de vent & de la quille étant donné, & les voiles qui diviſent cet angle en deux parties, dont l'une eſt l'angle des voiles & de la quille, & l'autre l'angle d'incidence du vent ſur les voiles : ſi l'on prend le premier à volonté d'un certain nombre de degrés, & qu'on le rétranche de l'angle donné du Rumb de vent & de la quille, on aura le ſecond, où l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, & avec ces deux angles on trouvera l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau par le quatriéme cas du Probleme ſixiéme. Mais comme cette diviſion de l'angle du rumb de vent & de la quille eſt faite dans nos Tables le plus avantageuſement qu'il eſt poſſible, on trouvera par le même cas du Probleme ſixiéme l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau, que l'on comparera avec l'expreſſion trouvée en prenant l'angle des voiles & de la quille d'une grandeur à volonté.

EXEMPLE.

Suppoſons que l'angle du rumb de vent & de la quille ſoit de 125. degrés, & que la forme du Vaiſſeau ſoit telle qu'on puiſſe le rapporter aux Tables 9. & 18. on trouvera dans ces Tables l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille de 54. degrés 34. minutes, & celui des voiles & de la ligne du vent de 70. degrés 26 minutes, ces deux angles font enſemble 125. degrés. Si l'on prend maintenant l'angle des voiles & de la quille plus grand que le plus avantageux comme de 65. degrés 35. minutes, on aura celui d'incidence du vent ſur les voiles de 59. degrés 25. minutes, en ôtant 65. degrés 35. minutes de 125. degrés ; & ſi l'on prend ce même angle des voiles & de la quille plus petit que le plus avantageux comme de 44. degrés 10. minutes, celui d'incidence du vent ſur les voiles ſera de 80. degrés 50. minutes : or avec ces trois angles des voiles & de la

quille on trouvera dans la Table 18 les expreſſions des viteſſes, la premiere de 888 pour l'angle le plus avantageux de 54 degrés 34 minutes, la ſeconde de 945 pour l'angle de 65 degrés 35 minutes, la troiſiéme de 8 7 pour l'angle de 44 degrés 10 minutes, & on prendra les trois ſinus des angles d'incidences du vent ſur les voiles, ſçavoir celui de 70 degrés 26 minutes qui eſt 94225.
Celui de 59 degrés 25 minutes, qui eſt 86089.
Et celui de 80 degrés 50 minutes, qui eſt 98723.

Mais les viteſſes du vent étant les mêmes ou égales, celles du Vaiſſeau ſeront, ſuivant le quatriéme Cas du Probleme précedent, comme ces trois produits, le premier de 888. par 94225, le ſecond de 945 par 86089, & le troiſiéme de 817 par 88723; & ayant fait ces trois multiplications, on trouvera que le premier produit ou l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau dans le Cas de l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille, que ce produit, dis-je, eſt plus grand que chacun des deux autres; mais que la difference comme nous avons dit n'eſt pas fort conſiderable, puiſque ſi l'on exprime la viteſſe du premier Cas, ou du plus avantageux par 100, on trouvera celle du ſecond de 97, & celle du troiſiéme de 96 ou à peu près.

AUTRE EXEMPLE.

128. Prenant toujours le même Vaiſſeau, ſi l'angle de la ligne du vent & de la quille eſt de 64 degrés, l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille ſera de 23 degrés 43 minutes, & par conſequent l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 40 degrés 17 minutes. ſi l'on fait maintenant l'angle des voiles & de la quille plus grand comme de 31 degrés 25 minutes, celui du vent ſur les voiles ſera de 32 degrés 3 minutes, & ſi on fait ce même angle plus petit comme de 13 degrés 48 minutes, celui du vent ſur les voiles ſera de 50 de-

grés 12 minutes, on prendra donc dans la Table 18 les expreſſions des viteſſes correſpondantes à ces trois angles, des voiles & de la quille, & l'on trouvera.

606 pour l'angle le plus avantageux de 23 degrés 47 minutes.

669 pour 31 degrés 25 minutes.

373 pour 13 degrés 48 minutes.

On prendra les trois ſinus des angles d'incidences du vent ſur les voiles.

Celui de 40 degrés 17 minutes eſt 64657.

Celui de 32 degrés 35 minutes eſt 53853,

Et celui de 50 degrés 12 minutes eſt 76828.

Or par l'article 72 où le quatriéme Cas du Probleme précedent, les trois viteſſes du Vaiſſeau ſont entr'elles comme les trois produits: le premier de 606 par 64657, le ſecond de 699 par 53853, & le troiſiéme de 373 par 76828; & achevant les calculs, on trouvera que le premier produit ou celui de la ſituation la plus avantageuſe des voiles eſt le plus grand; & que exprimant la viteſſe du Vaiſſeau dans le Cas le plus avantageux par 100, la ſeconde ſera de 96, & la troiſiéme de 73, ſurquoi j'ajouterai ici une petite réflexion qui eſt, qu'il vaut beaucoup mieux en mettant les voiles dans une poſition arbitraire riſque de faire l'angle des voiles & de la quille plus grand que l'angle le plus avantageux que plus petit, & cela par deux raiſons, la premiere c'eſt qu'en le faiſant plus petit on diminuë la viteſſe du Vaiſſeau en plus grande raiſon, que lorſqu'on le fait trop grand, ainſi qu'on le peut voir par les deux Exemples; & la ſeconde raiſon, eſt que faiſant l'angle plus petit on augmente la dérive, ce qui eſt un deffaut conſiderable dans la manœuvre; & qu'aucontraire en faiſant ce même angle plus grand on diminuë la dérive.

PROBLEME VIII.

129. Comparaiſon des viteſſes des deux Vaiſſeaux

pouſſés par un même vent, dont l'un fait route en perdant au vent ou de vent largue, & l'autre à la bouline & en ſerrant le vent.

Tout le monde ſçait que le vent ariere ou en poupe ſeroit le plus avantageux, ſi pour lors toutes les voiles d'un Navire pouvoient porter; mais comme de vent ariere les voiles des mats de l'arriere dérobent le vent aux voiles des mats de l'avant, ce qui fait qu'un Vaiſſeau a ſon plus grand ſillage lorſqu'il fait route par un bon vent largue & qu'au contraire le plus petit ſillage eſt lorſque le Vaiſſeau va au plus près, en gagnant au vent le plus qu'il peut. Pour faire une juſte comparaiſon de ces deux Cas, nous ſuppoſerons d'abord que les deux Vaiſſeaux ſont de même forme, or les deux Vaiſſeaux allant par un même vent leurs viteſſes ſont comme dans le Probleme précedent, en raiſon compoſée de celle des viteſſes priſes dans les Tables, correſpondantes aux angles des voiles & de la quille, & de la raiſon des ſinus d'incidences du vent ſur les voiles; ſi la forme des Vaiſſeaux eſt telle qu'on les puiſſe rapporter à la Table 18. Suppoſons de plus que le lieu de la route du premier Vaiſſeau ſoit éloigné du rumb de vent de 13 quart de rumb; & que le lieu de la route du ſecond ſoit éloigné du rumb de vent de 5 quart de rumb: par-là, le premier Vaiſſeau fera route de vent largue, & le ſecond, en ſerrant le vent de fort près, ainſi, par exemple, le vent étant nord-eſt, le premier Vaiſſeau feroit route au oüeſt ſudoüeſt quart à loüeſt, & le ſecond au nord nordoüeſt quart au nord, & à raiſon de 11 degrés 15 minutes par quart de rumb, l'angle du rumb de vent & de la route ſeroit de 146 degrés dans le premier Cas, & de 56 degrés dans le ſecond; mais on trouve dans la Table 18 que l'angle du rumb de vent & de la route étant de 146 degrés, la dérive eſt d'un degré, & que ce même angle étant de 26 degrés, la dérive eſt de 10 degrés; ainſi pour que la dérive vaille la route, il faut

dans le premier Cas, faire l'angle du rumb de vent & de la quille de 145 degrés, & le même angle dans le ſecond Cas de 46 degrés. Maintenant avec l'angle de 145 degrés, on trouvera pour le premier Cas, l'angle le plus avantageux de la voile & de la quille à peu près de 67 degrés, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 78 degrés : & avec l'angle de 46 degrés, on trouvera pour le ſecond Cas l'angle le plus avantageux des voiles & de la quille de 16 degrés, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 30 degrés ; mais la viteſſe priſe dans la Table vis-à-vis l'angle des voiles & de la quille eſt pour le premier Cas de 956, laquelle étant par l'article 72 multiplié par le ſinus d'incidence de 78 degrés qui eſt 97815, donnera un produit qui ſera l'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau, & de même la viteſſe correſpondante à l'angle des voiles & de la quille du ſecond Cas eſt 447, laquelle étant multipliée par le ſinus de 30 degré qui eſt 50000, donnera un produit qui ſera l'expreſſion de la viteſſe du ſecond Vaiſſeau ; or il eſt aiſé de voir que ces deux produits ſont entr'eux, à peu près, comme 100 à 24, ainſi pendant que le premier Vaiſſeau feroit 100 lieuës, le ſecond ne feroit que 24 lieuës.

Mais ſi les deux Vaiſſeaux ne ſont pas de même forme & que pendant que le premier peut être rapporté à la Table 14, le deuxiéme ſe rapporte à la Table 18, on opperera comme ci-deſſus, avec cette ſeule difference qu'aulieu de prendre l'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau telle qu'elle eſt dans la Table, on cherchera cette expreſſion par le Probleme.

PROBLEME IX.

130. Trouver la quantité dont un Vaiſſeau a perdu au vent, après avoir couru par un vent largue un eſpace de quelque lieuës, & de même trouver de combien on a gagné au vent, après avoir couru par un

vent de bouline, & en tenant le vent au plus près.

Quoique la route d'un Vaiſſeau qui va par un même vent ne ſoit pas à la rigueur en ligne droite, & que ce ſoit une Courbe appellée l'oxodromique, neanmoins comme les diſtances que nous prenons ici ſont fort petites, nous pouvons ſans aucune erreur ſenſible prendre cette ligne de la route pour une ligne droite ; cela poſé ſi le Vaiſſeau *H M* étant pouſſé par un air de vent *V B* fait route dans la direction *B L*, il eſt évident que pour avoir la quantité dont ce Vaiſſeau a perdu au vent après avoir parcouru l'eſpace *B L*, il faut mener par le point *L* la perpendiculaire *L R* ſur la ligne du *V B* prolongée, & la quantité dont le Vaiſſeau aura perdu au vent ſera determinée par *B R*. Mais ſi le rumb de vent eſt *B*, & que le Vaiſſeau faſſe route dans la ligne *B l*, pour avoir dans ce Cas la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent, après avoir parcouru l'eſpace *B l*, on tirera du point *L* la perpendiculaire *L r* ſur la ligne du vent, & *B r* ſera la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent. On trouvera très facilement les valeurs de *B R* & *B r*, car dans les triangles rectangles *B R L*, *B r l*, les angles de la ligne du vent & de la route *V B L*, étant connus avec les longueurs parcouruës, ou les hipoteneuſes *B L*, *B l*, on trouvera les côtés *B R* & *B r*, ou les quantités dont le Vaiſſeau a perdu au vent dans le premier Cas, & a gagné au vent dans le ſecond. Ainſi on trouvera generalement la quantité dont un Vaiſſeau a perdu ou gagné au vent, par cette régle.

FIG. 27.

Comme le ſinus total eſt au ſinus du complement de l'angle de la ligne du vent & de la route, ainſi l'eſpace ou la diſtance parcouruë ſera à la quantité, dont le Vaiſſeau a perdu ou gagné au vent.

Remarqués que dans le premier Cas on prend l'angle *R B L*, pour l'angle de la ligne du vent & de la route.

EXEMPLE DU PREMIER CAS.

131. L'angle de la ligne du vent & de la route étant de 146 degrés, on demande combien le Vaiſſeau a perdu au vent après avoir fait dix lieuës de chemin ; il faut prendre dans ce Cas, comme on vient de remarquer, le ſupplement de 146 degrés, qui eſt 34 degrés, & dire
Comme le ſinus total 100000.
Eſt au ſinus complement de 34 degrés 82904.
Ainſi 10 lieuës.

Seront à huit lieuës & $\frac{22}{100}$ pour la quantité dont le Vaiſſeau aura perdu au vent,

EXEMPLE DU SECOND CAS.

132. L'angle de la ligne du vent & de la route étant de 25 degrés, on demande la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent, après avoir parcouru 10 lieuës de chemin.
On dira ſuivant la Regle.
Comme le ſinus total 100000.
Eſt au ſinus du complement de 58 degrés 52992.
Ainſi 10 lieuës.

Seront à 5 lieuës $\frac{1}{100}$ pour la quantité dont le Vaiſſeau a gagné au vent.

PROBLEME X.

133. Si deux Vaiſſeaux ſe diſputent l'avantage du vent, avec cette difference que l'équipage du premier manœuvrant mieux que l'équipage du ſecond, donnent à la quille & aux voiles les diſpoſitions les plus avantageuſes, pendant que ceux du ſecond Vaiſſeau vont au plus près où boulinent le plus qu'ils peuvent ; déterminer quel eſt l'avantage des uns ſur les autres, pour prendre le deſſus du vent.

Par l'article 34, l'angle le plus avantageux que la quille doit faire avec la ligne du vent pour gagner au

vent . doit être à peu près de 55 degrés , & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 35 degrés ; ainſi voila les diſpoſitions des voiles & de la quille du premier Vaiſſeau , mais le ſecond voulant ſerrer le vent de plus près ; ſuppoſons qu'il porte le cap près du vent enſorte que l'angle du rumb de vent & de la quille ſoit de 34 degrés , & l'angle du vent ſur les voiles de 22 degrés:on trouvera par l'article 72,ou par le quatriéme Cas du Probleme *6*, le rapport des viteſſes ou ſillages des deux Vaiſſeaux , & enſuite , par le Probleme précedent , on aura le rapport entre les quantités , dont ils gagnent au vent dans un temps donné.

EXEMPLE.

Les formes des Vaiſſeaux étant telles , qu'on puiſſe les rapporter aux Tables 6 & 15. Avec les angles du rumb de vent & de la quille , on prendra les expreſſions des viteſſes ; celle du premier Vaiſſeau ou coreſpondantes à 55 degrés eſt 556 , & celle du ſecond Vaiſſeau qui répond à 34 degrés eſt 394. Mais les angles d'incidence du vent ſur les voiles ſont de 35 degrés au premier Vaiſſeau , & 22 degrés au ſecond , on multiplira 556 par le ſinus de 35 degrés qui eſt 57358 & 394 par le ſinus de 22 degrés qui eſt 37461 , & l'on aura les deux produits 31891048 & 14759634 ; le premier pour l'expreſſion du ſillage du premier Vaiſſeau, & le ſecond pour celui du deuxiéme ; on peut ſans erreur ſenſible diminuer l'expreſſion de ce rapport, & le réduire à celui de 319 à 148. Pour avoir maintenant le rapport des quantités dont les deux Vaiſſeaux ont gagnés au vent , il faut avoir égard à la dérive , laquelle ſuivant nos Tables eſt de 3 degrés au premier Vaiſſeau , & 6 degrés au ſecond : ainſi l'angle du vent & de la route du premier ſera de 58 degrés , & l'angle du vent & de la route du ſecond de 40 degrés ; on dira donc , ſuivant le ſecond Cas du Probleme précedent pour le premier Vaiſſeau. Com-

Comme le ſinus total 100000.
Au ſinus du complement de 40 degrés 76604.
Ainſi 148 expreſſion du ſillage du ſecond Vaiſſeau, à la quantité dont il gagne au vent, qu'on trouve de 113.

D'où l'on voit que les quantités dont ces deux Vaiſſeaux gagneroient au vent, ſeroient dans le rapport de 169 à 113, ou ſi l'on veut, comme 100 à 67, à peu près.

135. Si on veut ſe ſervir des logarithmes, on abregera beaucoup ces calculs, car il faut ſimplement ajouter enſemble ces trois logarithmes, ſçavoir, 1°. Le logarithme des expreſſions des viteſſes priſes dans nos Tables, 2°. Le logarithme des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, 3°. Et le logarithme du ſinus du complement de l'angle de la ligne du vent & de la route; enfin après avoir retranché le premier caractere de la ſomme de ces trois logarithmes, on aura le logarithme de la quantité dont le Vaiſſeau gagne au vent.

CALCUL.

De l'Exemple ci-deſſus par les logarithmes.

1°. L'expreſſion de la viteſſe du premier Vaiſſeau; eſt 556.

2°. L'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 35 degrés.

3°. L'angle du vent & de la route de 58 degrés, & l'on trouvera les trois logarithmes.

Le premier de . . . . . 2. 74507.
Le deuxiéme de . . . . . 9. 75859.
Et le troiſiéme de . . . . . 9. 72421.

Somme de ces trois logarithmes 2. 222787.

De laquelle ſomme ayant ôté le premier caractere; reſte 2. 22787 pour le logarithme de la quantité, dont le premier Vaiſſeau gagne au vent; ce logarithme ré-

pond à 169, qui eſt la même quantité que nous avons trouvée par la premiere Methode.

Pour avoir la quantité dont le ſecond vaiſſeau gagne au vent, l'on a 1°. L'expreſſion de la viteſſe priſe dans les Tables de 394. 2°. L'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 22 degrés, & l'angle de la ligne du vent & de la route de 40 degrés, ainſi les trois logarithmes ſeront.

Le premier de . . . . . 2. 59550.
Le deuxiéme de . . . . . 9. 57357.
Et le troiſiéme de . . . . . 9. 88429.

Somme . . . . . 2. 505332.

De laquelle ayant ôté le premier chiffre, reſtera 2. 05332 pour le logarithme de 113, expreſſion de la quantité, dont le deuxiéme Vaiſſeau gagne au vent, & la même que nous avons trouvée ci-deſſus.

Il eſt ſi aiſé de voir la raiſon de cette operation, par les logarithmes, que je ne crois pas devoir m'y arrêter.

REMARQUE.

136. La comparaiſon que nous venons de faire ſur deux Vaiſſeaux qui ſe diſputent l'avantage du vent, s'applique de ſoi-même aux Vaiſſeaux qui voudroient s'élever d'une Côte, & prendre le large contre vent & marée, & pour doubler un Cap. On peut faire auſſi la même comparaiſon ſans beaucoup d'erreur, ſur deux Flotes Ennemies qui ſe diſputent l'avantage du vent.

PROBLEME II.

137. Trouver le chemin qu'un Vaiſſeau peut faire en preſentant le côté au vent.

Dans un gros temps qu'on ne peut porter à route, ou dans un parage dangereux, on met le Vaiſſeau côté à travers, parce que alors la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau, eſt la plus grande de toutes; &

par conſequent ſon ſillage le plus retardé qu'il eſt poſſible. Or ſi nous ſuppoſons que le Vaiſſeau ſoit pouſſé par une même force de vent, ſoit qu'il préſente la poupe pour aller vent arriere, ou qu'il preſente le côté pour dériver, le plus qu'il eſt poſſible; il ſera très facile de trouver les rapports entre les viteſſes de ces deux Cas; car par l'article 67, on trouvera le rapport entre la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſon côté; & par l'article 68 les viteſſes ſont entre elles en raiſon réciproque, ſous-doublée de réſiſtances.

EXEMPLE.

138. Si la forme du Vaiſſeau peut ſe rapporter aux ſegmens de 30 degrés, ſa réſiſtance à fendre l'eau par le côté ſera par l'article 67, à la réſiſtance à fendre l'eau par ſa pointe, comme 220 eſt à 1, & par l'article 68 on dira comme $\sqrt{220}$ eſt à $\sqrt{1}$; ainſi la viteſſe du Vaiſſeau en fendant l'eau par ſa pointe, ſera à ſa viteſſe en fendant l'eau par le côté.

Mais nous avons ſuppoſé dans nos Tables la viteſſe du Vaiſſeau en fendant l'eau par ſa pointe de 1000, d'où l'on voit que pour avoir l'expreſſion de la viteſſe par le côté, il faut ſimplement diviſer 1000 par la racine quarrée de 220, & l'on aura près de 68.

On pourra comparer cette expreſſion de viteſſe avec toutes celles qui ſont dans la Table, car ſi l'on ſait, par exemple, que dans un gros temps le Vaiſſeau a fait 5 lieuës par heure, dans le temps que l'angle du rumb de vent & de la quille étoit de 110 degrés, comme l'expreſſion de la viteſſe eſt dans ce Cas de 881; pour avoir le chemin que le Vaiſſeau feroit, pouſſé par une même force de vent, après avoir mis côté à travers, on dira ſi 881 donnent 5 lieuës, 68 donneront $\frac{340}{881}$ d'une lieuë: ainſi un Vaiſſeau qui auroit fait 120 lieuës en 24 heures dans le premier Cas, ne feroit qu'environ 9 lieuës dans le ſecond; mais il ne faut regarder ce calcul que comme

un à peu près très incertain, car d'ordinaire dans un gros temps on cargue & ferle les voiles, & le vent agit beaucoup ſur le corps du Vaiſſeau, ce qui fait qu'il n'eſt pas poſſible de connoître dans quel rapport de force le Vaiſſeau eſt pouſſé dans les deux Cas. On ne doit pas cependant negliger le calcul, parce que par ſon moïen on aura des limites qui éclaireront l'eſprit, & qui contribueront toujours à faire une eſtime beaucoup plus juſte.

PROBLEME XII.

Déterminer les differens ſillages d'un ou de pluſieurs Vaiſſeaux, rélativement aux differentes quantités des voiles.

139. Lorſqu'un Vaiſſeau fait route, il ſe trouve obligé quelquefois de diminuer ſon ſillage, ſoit pour attendre quelqu'autre Vaiſſeau, ſoit pour courir moins de riſque dans un parage dangereux. On diminuë pour cet effet la quantité des voiles, ce qui diminuë par l'article 76 la viteſſe du Vaiſſeau dans le rapport des racines quarrées des ſuperficies des voiles. Suppoſons, par exemple, que pendant qu'un Vaiſſeau fait trois lieuës par heure, on cargue les voiles & qu'on diminuë leur ſuperficie d'un tiers, tout reſtant d'ailleurs de même. la viteſſe du Vaiſſeau dans le premier Cas, ſera à celle du ſecond, comme la racine quartée de 3, eſt à la racine quarrée de deux, ou à peu près comme 5 eſt à 4; on dira donc ſi 5 donnent 4 combien 3 lieuës, on aura 2 lieuës $\frac{2}{5}$ pour le ſillage du Vaiſſeau, après avoir diminué les voiles d'un tiers.

140. Mais ſi outre la diminution des voiles, la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles diminuë auſſi, alors les ſillages du Vaiſſeau ſeront, par l'article 77, en raiſon compoſée de la raiſon ſimple des viteſſes rélatives du vent, & de la raiſon ſous-doublée des ſuperficies des

voiles, ou comme les produits de la viteſſe reſpective du vent par la racine des ſuperficies des voiles. Soit par exemple, la viteſſe reſpective du vent dans le premier Cas exprimé par 10, celle du ſecond Cas par 7 : la racine des ſuperficies des voiles du premier cas exprimée par 5, & celle du ſecond cas par 4. La viteſſe du Vaiſſeau dans le premier cas, ſera à ſa viteſſe dans le ſecond cas, comme le produit de 10 par 5, eſt au produit de 7 par 4, ou comme 50 à 28, ou 25 à 14. Ainſi ſi le Vaiſſeau fait dans le premier cas 3 lieuës par heure, pour avoir ſon chemin dans le deuxiéme cas, on dira, ſi 25 donnent 3 lieuës, 14 donneront 1 lieuë $\frac{17}{25}$.

Comme d'ordinaire c'eſt dans le temps que le vent devient trop fort, qu'on cargue ou qu'on ride les voiles, ainſi la viteſſe reſpective du vent eſt preſque toujours plus grande dans le deuxiéme cas ; au contraire de l'Exemple que nous venons de donner. Suppoſons donc, que la viteſſe du vent dans le premier cas étant exprimée par 3, celle du ſecond ſoit exprimée par 10, & la racine des ſuperficies des voiles étant dans le premier cas marquée par 7, elle le ſoit par 5 dans le deuxiéme cas ; or ſuivant ces rapports le ſillage du Vaiſſeau dans le premier cas, ſera à ſon ſillage dans le deuxiéme cas comme le produit de 3 par 7, eſt au produit de 10 par 5, ou comme 21 à 50. Ainſi le Vaiſſeau faiſant dans le premier cas 21 lieuës dans un certain temps, feroit dans le deuxiéme cas 50 lieuës dans le même temps.

141. Il eſt aiſé de voir que pour que la viteſſe du Vaiſſeau ſoit la même dans les deux cas, il faut que les racines des ſuperficies des voiles ſoient réciproques aux viteſſes reſpectives du vent, parce qu'alors les produits de la racine des voiles & de la viteſſe du vent, dans chaque cas, ſeront égaux. Si par exemple, la racine des voiles dans le premier cas eſt exprimée par 7, celle du deuxiéme cas par 5, la viteſſe reſpective du vent dans le premier cas par 50, & celle dans le deuxiéme par 70, les

deux produits ſeront 350, & par conſequent les viteſſes du Vaiſſeau ſeront les mêmes.

Nous pouvons conclure encore de tout ceci, que la ſuperficie des voiles étant connuë, avec la viteſſe rélative du vent; ſi le vent vient à ſe renforcer, & qu'on ſçache par le Probleme 4 à peu près dans quel rapport; il ſera aiſé de connoître de combien il faut carguer ou diminuer les voiles, pour que le ſillage du Vaiſſeau reſte le même, ou à peu près. Car le produit de la racine des voiles & de la viteſſe du vent du premier cas, étant égal au produit de la viteſſe du vent du ſecond cas, par la racine des voiles; ſi on diviſe le produit du premier cas, par la viteſſe reſpective du vent du ſecond cas, le quotient donnera la racine des voiles du ſecond cas. Si la racine des voiles du premier cas eſt exprimée par 8, la viteſſe du vent par 12, & la viteſſe du vent du ſecond cas par 16, on diviſera le produit de 8 par 12, ou 96 par 16, le quotient 6 exprimera la racine quarrée des voiles du ſecond cas; ainſi la quantité des voiles du premier cas, ſera à la quantité des voiles du ſecond cas, comme le quarré de 8 eſt au quarré de 6, ou comme 64 à 36, & plus ſimplement comme 16 à 9; ainſi il faudroit réduire les voiles aux $\frac{9}{16}$ de ce qu'elles avoient d'abord: ou pour rendre la choſe plus ſenſible, conſervant aux voiles leur même largeur d'en verguer, leur hauteur ou leurs chûtes étant de 16 pieds, il faudroit les réduire à 9 pieds.

142. Mais ce qui peut encore être très commode pour la pratique, c'eſt qu'on peut ſe paſſer de connoître la ſuperficie des voiles, tant pour déterminer le rapport entre les ſillages du Vaiſſeau, que pour lui conſerver le même ſillage, & cela en prenant l'unité pour la ſurface des voiles du premier cas; car il eſt aiſé de voir que par cette Methode la ſuperficie des voiles du ſecond cas, ſera exprimée par une fraction laquelle marquera le rapport entre les ſurfaces des voiles des deux

cas. Dans l'Exemple ci-deſſus on aura 1 pour la ſurface des voiles, 12 pour la viteſſe du vent du premier cas, & 16 pour celle du ſecond : diviſant, 12 par 16, vient la fraction $\frac{12}{16}$ ou $\frac{3}{4}$ pour l'expreſſion de la racine quarrée voiles du ſecond cas ; & quarrant cette fraction on aura $\frac{9}{16}$, pour l'expreſſion des ſurfaces des voiles du ſecond cas, la même que ci-deſſus.

Ce que nous diſons ici d'un ſeul Vaiſſeau, ſe peut entendre de deux ou de pluſieurs Vaiſſeaux differens, à peu près, de même forme, portent plus ou moins de voiles.

143. Si outre les changemens de force du vent, & des quantités des voiles, le Vaiſſeau change de route alors, il faudroit avoir égard à la differente direction du vent ſur les voiles, laquelle augmente ou diminuë le ſillage par l'article 70, dans le rapport des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles ; ainſi pour avoir le rapport des viteſſes du Vaiſſeau dans les deux cas, il faut trouver le rapport compoſé des racines des voiles, des viteſſes reſpectives du vent, & des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles. Soit par exemple, dans le premier cas la racine des voiles exprimée par 1, la viteſſe rélative du vent par 50, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 45 degrés, dont le ſinus eſt 70710, & dans le ſecond cas la racine des voiles exprimée par cette fraction $\frac{3}{5}$, la viteſſe rélative du vent de 80, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 30 degrés, dont le ſinus eſt 50000 ; or par l'article 79, les viteſſes du Vaiſſeau ſeront en raiſon compoſées de ces trois raiſons, ou comme les produits de ces trois quantités, ſçavoir, du produit de 1 par 50 & par 70710, qui eſt 3535500, au produit de $\frac{3}{5}$ par 80 & par 50000, qui eſt 1600000 ; donc la viteſſe du Vaiſſeau dans le premier cas, ſera à celle du ſecond, comme 3535500 à 1600000, ou à peu près comme 100 à 45.

144. S'il arrive enfin que l'angle des voiles & de la quille ſoit different dans les deux cas, il faut pour lors

prendre dans les Tables les expreſſions des viteſſes coreſpondantes aux angles des voiles & de la quille, & faire une raiſon compoſée de la ſous-doublée des ſurfaces des voiles, de la raiſon ſimple des viteſſes reſpectives du vent ſur les voiles, & de la raiſon des expreſſions des viteſſes priſes dans les Tables : cette raiſon compoſée ſera par l'article 79, la même que celle des viteſſes du Vaiſſeau. Si la forme du Vaiſſeau eſt telle qu'on puiſſe le rapporter aux Tables 6 ou 15, & que dans le premier cas l'expreſſion de la racine des voiles ſoit 1, la viteſſe rélative du vent 50, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 45 degrés dont le ſinus eſt 70710, & l'angle des voiles & de la quille de 27 degrés, lequel angle donne dans les Tables 6 ou 15, 665 pour la viteſſe & dans le ſecond cas, la racine des voiles $\frac{1}{7}$, la viteſſe rélative du vent 80, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 39 degrés, dont le ſinus eſt 62932, & l'angle des voiles & de la quille de 22 degrés, avec lequel on trouve dans les Tables la viteſſe 588. Or il eſt très aiſé de voir que le produit des quatre premieres quantités, ſçavoir 1, 50, 70710, & 665, eſt au produit des quatre ſecondes quantités, ſçavoir $\frac{1}{7}$, 80, 62932 & 588, comme 108 à 84 ; ainſi ſi le Vaiſſeau faiſant dans le premier cas 100 lieuës dans un temps donné, il ne feroit dans le ſecond cas, que 84 lieuës dans le même temps.

Il eſt bon d'obſervet qu'on ne doit pas ici ſe promettre une exactitude rigoureuſe, car la viteſſe du vent n'étant pas infinie, par rapport à celle du Vaiſſeau ; il eſt certain que la viteſſe du Vaiſſeau venant à augmenter ou diminuer, augmente ou diminuë la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles ; mais cette quantité ſera toujours très petite, par rapport à la viteſſe abſoluë du vent, & par conſequent à la rélative du vent ſur les voiles, ce qui rendra l'erreur fort petite.

PRO-

PROBLEME XIII.

Comparaiſon des ſillages d'un Vaiſſeau dans les differentes voilures, vent arriere, vent largue, & vent de bouline.

145. Une des choſes des plus eſſentielles pour faire cette comparaiſon, eſt de connoître la quantité de voiles que le Vaiſſeau porte dans chaque voilure. Comme cette quantité eſt preſque toujours differente, non-ſeulement aux differens Vaiſſeaux, mais même aux differentes voilures d'un même Vaiſſeau, nous ne ſçaurions faire ici une comparaiſon bien juſte des ſillages; il eſt cependant très facile aux Officiers & aux Pilotes, qui montent un Vaiſſeau, de connoître le port ou la quantité des voiles. Pour rendre la methode de ce Probleme plus ſenſible, ſuppoſons qu'un Vaiſſeau du troiſiéme rang porte de vent arriere.

La Miſaine de 68 pieds d'envergure ſur 36 pieds de cheute qui font 2448 pieds quarrez, la Civadiere de 49 pieds ſur 23 qui font 1127 pieds, le grand Hunier de 3455, le grand Peroquet de 950; les ſurfaces de ces voiles étant ajoûtées enſemble, donneront 7980 pieds quarrez de ſurface de voile que le Vaiſſeau porte de vent arriere.

Voici à peu près les quantités des voiles, que ce même Vaiſſeau porte de vent largue & de vent de bouline.

La grande Voile de 75 pieds d'envergure, ſur 42 pieds de cheute, ci	3155. pieds.
La Miſaine de même que ci-deſſus de . .	2448.
La Civadiere de même que ci-deſſus de .	1127.
Le grand & le petit Hunier joints enſemble.	5546.
La Voile d'artimont	1400.
Le Peroquet d'artimont	950.
Le petit Peroquet	666.

La ſomme de toutes ces ſurfaces de voiles, eſt de 16392 pieds quarrez. Nous prenons ici cette quantité de voiles, pour celle que le Vaiſſeau porte de vent largue & de vent de bouline.

Or toutes choſes étant d'ailleurs égales, les ſillages du Vaiſſeau ſeroient entr'eux, par le Probleme précedent, comme les racines quarrées de ſurfaces des voiles; ainſi ſi on tire les racines de 7980 & de 16392, on trouvera, à peu près, 89 & 128; donc dans ce cas les ſillages du Vaiſſeau ſeroient entr'eux dans le même rapport que 89 à 128.

Mais les angles des voiles & de la quille étant differens, on prendra dans nos Tables les expreſſions des viteſſes correſpondantes aux mêmes angles, & de plus les angles d'incidence du vent ſur les voiles étant encore differens, les ſillages du Vaiſſeau ſont par l'article 72, dans le rapporr des ſinus des mêmes angles.

Donc en ſuppoſant la viteſſe rélative du venr la même dans les rrois cas, de vent arriere, de vent largue, & de vent de bouline; les ſillages du Vaiſſeau ſeront par l'article 72, en raiſon compoſée de ces trois raiſons, ſçavoir, de la raiſon ſimple des racines des voiles, de la raiſon des viteſſes priſe dans les Tables, & de la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, ou comme les produirs de ces trois quantités, l'exemple, rendra ceci plus ſenſible.

EXEMPLE.

146. Puiſque de vent arriere, on peut regarder le lieu de la route comme directemenr oppoſé à celui du rumb ou de la ligne du vent, dans ce cas on peut mettre les plans ou les ſurfaces des voiles perpendiculaires à la ligne du vent, & ces mêmes ſurfaces ſeront auſſi perpendiculaires à la quille; ainſi on peut dire que de vent arriere l'angle de la ligne du vent & de la quille eſt de 180 degrés, l'angle des voiles & de la quille de 90

degrés, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, de 90 ; on aura donc de vent arriere la racine des voiles, trouvée ci-deſſus de 89 degrés.

Avec l'angle des voiles & de la quille, on trouvera dans nos Tables l'expreſſion de la viteſſe de . 1000. Et le ſinus de l'angle d'incidence du vent ſur les voiles ſera de . . . . . 100000.

Le produit des ces trois quantités, qui eſt 8900000000 exprimera la viteſſe du Vaiſſeau de vent arriere. Il eſt bon d'obſerver que nous ſuppoſons ici que la forme du Vaiſſeau eſt telle qu'on puiſſe le rapporter à la Table 15.

Soit pour le cas que le Vaiſſeau fait route de vent largue, le lieu de la route éloigné de 13 airs de vent de celui du rumb de vent, ce qui donnera l'angle de la ligne du vent & de la quille, ou de la route, ſi la dérive eſt nulle, de 146 degrés 15 minutes ou ſimplement de 146 degrés : on trouvera dans la Table l'angle des voiles & de la quille de 68 degrés ou environ, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 78 degrés ; ainſi on aura dans ce cas la racine des voiles trouvée ci-deſſus de 128, avec l'angle des voiles & de la quille, on trouvera dans la Table l'expreſſion de la viteſſe de 956, & le ſinus de 78 degrés, angle d'incidence du vent ſur les voiles de 97815, le produit de ces trois quantités qui eſt 11969425920, ſera l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau de vent largue.

Soit pour le cas que le Vaiſſeau fait route de vent de bouline, le lieu de la route éloigné de celui du vent d'environ cinq airs de vent, ou que l'angle de la ligne du vent & de la route ſoit de 58 degrés, on trouvera dans la Table 15 que dans ce cas, l'angle des voiles & de la quille doit être à peu près, de 20 degrés, l'angle d'incidence de la ligne du vent ſur les voiles de 35 degrés, l'expreſſion de la viteſſe de 556, & comme dans ce cas, la dérive ſe trouve de 3 degrés, l'angle du

rumb de vent & de la quille doit être de 55 degrés ;
On aura donc les trois quantités ſuivantes, la racine
des voiles trouvée ci-deſſus de . . 128. degrés,
L'expreſſion de la viteſſe de . . . . 556.
Et le ſinus de 35 degrés, angle d'incidence du vent ſur
les voiles de . . . 57358.

Le produit de ces trois quantités qui eſt 40820541 44, ſera l'expreſſion de la viteſſe du Vaiſſeau de vent de bouline.

Comme les expreſſions des viteſſes du Vaiſſeau que nous venons de trouver pour ces trois voilures, de vent arriere, de vent largue, & de vent de bouline, ſont exprimées par des nombres trop compoſés, il convient de les rendre plus ſimples. Si l'on ſuppoſe pour cet effet que la viteſſe du Vaiſſeau de vent largue ſoit exprimée par 100, on aura celle du vent arriere en diſant ſi 11969425920 expreſſion de la viteſſe du vent largue, donne 100, combien donneta 8900000000, expreſſion de la viteſſe de vent arriere. Ayant achevé la regle, on trouvera, à peu près, 74 pour la viteſſe du Vaiſſeau de vent arriere. Et pour avoir celle de vent de bouline, on dira, ſi 11969425920 donne 100, combien 40820541 44, expreſſion de la viteſſe de vent de bouline. Ayant achevé la regle on aura, à peu près, 34 pour la viteſſe du Vaiſſeau de vent de bouline ; on aura donc ces trois autres expreſſions des viteſſes du Vaiſſeau 74 de vent arriere, 100 de vent largue, & 34 de vent de bouline. Ainſi le Vaiſſeau faiſant 100 lieuës de vent largue dans un temps donné, ne feroit que 74 lieuës de vent arriere, & 34 de vent de bouline, ou à peu près, ce qui eſt aſſés conforme à l'expetience, & prouve la bonté de nos regles.

REGLES GENERALES,

Pour connoître l'effort abſolu de l'eau & du vent, & en particulier de l'effort de l'eau ſur la Proüe & le corps du Vaiſſeau, & du vent ſur les voiles.

COMME on pourra appliquer à la Manœuvre ſa plûpart des Regles ſuivantes, j'ai crû que je pouvois les donner ſans ſortir de mon ſujet; elles ſont d'ailleurs curieuſes & très utiles, elles ne ſont même pour la plûpart qu'une ſuite des uſages de mes Tables. Mais comme je me ſuis propoſé de ne donner dans ces uſages aucuns calculs algebriques, je me contenterai de donner ſeulement les reſultats de celles de ces Regles, dont les Démonſtrations demandent des calculs d'algebre; ces Démonſtrations ſont d'ailleurs ſi ſimples, que pour peu qu'on ſoit verſé dans l'algebre, on les découvrira ſoi-même.

Trouver la force de l'Eau ſur une ſurface d'un pied quarré, ſa viteſſe étant d'un pied par ſeconde de temps.

147. C'eſt un principe démontré dans les hydrauliques, que l'effort de l'impulſion de l'eau par ſa viteſſe contre une ſurface plane, eſt égal au poids d'un ſolide d'eau, qui auroit pour baſe la ſurface choquée, & pour hauteur celle d'où l'eau doit tomber pour acquerir cette viteſſe. Cela poſé pour connoître la force de l'impulſion de l'eau, ſa viteſſe étant connuë, il faut trou-

ver la hauteur de ce ſolide, dont le poids à raiſon de celui du pied cube d'eau, que nous prenons de 70 livres, ſera la valeur de la force de l'impulſion ; voici la Methode de connoître la hauteur de ce ſolide. On a trouvé par experience, qu'un corps en tombant parcourt dans la premiere ſeconde de ſa chûte un eſpace de 14 pieds, & l'on ſçait que ſi ce corps eſt mû d'une viteſſe uniforme, égale à ſa viteſſe acquiſe à la fin de ſa chûte de 14 pieds, cette viteſſe uniforme ſera de 28 pieds par ſeconde : il eſt donc conſtant qu'un corps peſant ſoit ſolide, ſoit fluide, comme l'eau, doit tomber d'une hauteur de 14 pieds, pour acquerir une viteſſe de 28 pieds par ſeconde ; mais il eſt demontré dans tous les traités du mouvement des eaux, que les viteſſes des eaux ſont comme les racines de la hauteur de leurs chûtes, ou ce qui eſt le même, que les hauteurs des chûtes ſont comme les quarrés des viteſſes ; donc pour avoir la hauteur d'où l'eau doit tomber pour acquerir une viteſſe d'un pied par ſeconde, on dira comme le quarré de 28 qui eſt 784, eſt au quarré de 1 qui eſt 1 ; ainſi 14 ſera à la hauteur cherchée $\frac{14}{784}$ ou $\frac{1}{56}$. Ainſi la hauteur du ſolide d'eau, dont le poids donne la valeur de la force de l'impulſion par ſa viteſſe d'un pied par ſeconde eſt $\frac{1}{56}$ d'un pied : or la ſurface ayant un pied quarré, le ſolide ſera $\frac{1}{56}$ d'un pied cube d'eau ou de 70 livres, ce qui donne une livre un quart ou 20 onces.

Trouver la force du Vent ſur une ſurface d'un pied quarré, ſa viteſſe étant d'un pied par ſeconde de temps.

148. Suivant les experiences de M. Mariotte, pour que l'impulſion du vent ſoit égale à celle de l'eau ſur une même ſurface, ou ſur des ſurfaces égales, la viteſſe du vent doit être 24 fois plus grande que celle de l'eau : or par l'article 2, les impulſions des fluides ſont com-

me les quarrez des viteſſes, donc l'impulſion du vent qui n'a qu'un pied de viteſſe par ſeconde, eſt à celle d'un vent qui a 24 pieds de viteſſe, comme le quarré de 1 eſt au quarré de 24, ou comme 1 eſt à 576; mais l'impulſion de l'eau avec un pied de viteſſe par ſeconde, étant égale à celle d'un vent de 24 pieds, il eſt certain que ſi l'eau & le vent n'ont chacun qu'un pied de viteſſe par ſeconde, l'impulſion de l'eau ſera à celle du vent, ſur une même ſurface, comme 576 eſt à 1, donc l'eau & le vent rencontrant des ſurfaces égales, avec des viteſſes égales, ſous des angles d'incidence égaux, la force de l'impulſion de l'eau ſera 576, fois plus grande que celle du vent.

Ce rapport de 576 à 1, eſt comme nous l'avons remarqué dans les Mémoires de l'Academie de 1729. page 388, le même que celui du poids d'une once à celui d'un grain, c'eſt-à-dire, que l'impulſion de l'eau donnant des onces, celle du vent, toutes choſes d'ailleurs égales, ne donnera que des grains: ainſi l'impulſion de l'eau ſur un pied quarré avec une viteſſe d'un pied par ſeconde, étant de 20 onces, celle du vent ſur un pied quarré, avec une viteſſe d'un pied, ſera de 20 grains.

149. Voila la raiſon pour laquelle j'ai dreſſé ma premiere Table des forces totales & des laterales, perpendiculaires, & paralleles à la direction de l'eau, pour tous les angles d'incidence de 30 en 30 minutes, en prenant la plus grande force totale de 20 onces pour l'eau, & de 20 grains pour le vent; par-là, cette Table ſert également pour l'eau & le vent, mais pour éviter les fractions, au lieu de 20 nous avons pris 20000; ce qui rend les fractions negligées moindres qu'un milliéme d'une once pour l'eau, & qu'un milliéme d'un grain pour le vent. On trouve par cette Table les forces totales des impulſions obliques, & des laterales perpendiculaires & parallaleles avec une extrême facilité, comme on va voir par les exemples ſuivans.

150. Soit une ſurface plane de 64 pieds quarrés choquée ſous un angle d'inclinaiſon de 40 degrés, avec une viteſſe de 10 pieds par ſeconde de temps: pour avoir la force totale de l'impulſion, on prendra 1°. dans la Table vis-à-vis de 40 degrés 8264 2°. on multiplira ce nombre par 100 quarré de la viteſſe 10, ce qui donne 826400 3°. ce dernier nombre étant multiplié par celui des pieds quarrés de la ſurface qui eſt 64, donne 52889600. pour la valeur de la force de l'impulſion en milliémes, qu'on réduira en diviſant par 1000, ou en coupant les trois derniers chifres, en onces pour l'eau, & en grains pour le vent: on aura donc 52889 $\frac{6}{7}$ onces pour l'eau, ou 3305 livres 9 onces $\frac{6}{7}$. Mais ſi c'eſt pour le vent, on reduira les 52889 grains en livres par les réductions ordinaires, pour avoir 5 livres 11 onces 6 gros 42 grains, valeur de l'impulſion du vent ſur une ſurface de 64 pieds, par un vent de 10 pieds de viteſſe par ſeconde, & ſous un angle d'incidence de 40 degrés.

151. Si au lieu de la force totale, on veut avoir la force laterale parallele à la direction de l'eau ou du vent, on trouvera vis-à-vis de 40 degrés 5312 pour l'expreſſion de la force laterale parallele de l'eau & du vent, ſur un pied quarré avec une viteſſe d'un pied: mais la viteſſe étant ſuppoſée de 10 pieds, & les impulſions étant comme les quarrés des viteſſes, il eſt évident qu'il faut multiplier 5312 par 100 quarré de 10, pour avoir 531200 pour un pied quarré; ainſi la ſurface étant de 64 pieds, il faut multiplier 531200 par 64, pour avoir 8396800, & diviſant par 1000, on aura 8396 $\frac{4}{7}$ onces pour l'eau & grains pour le vent, qu'on réduira en livres pour avoir 524 livres 12 onces $\frac{4}{7}$ pour l'eau, & 14 onces 4 gros 42 grains pour le vent.

152. C'eſt encore la même operation pour la laterale perpendiculaire, car on trouvera dans la Table vis-à-vis de 40 degrés, l'expreſſion de la laterale perpendiculaire

culaire de 6345, qu'il faut multiplier dans cet Exemple par 100, & le produit par 64 ; & ayant retranché les trois derniers chifres, on aura 40608 onces pour l'eau, & grains pour le vent.

Il eſt bon de remarquer que ces calculs étant fondés ſur les peſanteurs ſpecifiques de l'eau & de l'air, les calculs pour l'eau ſont beaucoup plus ſûrs & plus certains que ceux du vent, la peſanteur de l'eau étant beaucoup mieux connuë que celle de l'air ; car quoi que nous ayons pris d'après les experiences de M. Mariotte le rapport du poids de l'eau à celui de l'air, comme 576 à 1, la plûpart de Phiſiciens font l'air beaucoup plus leger en prenant ce rapport de 8 à 900 à 1, il doit même être variable ſuivant que l'air eſt plus ou moins condenſé.

Je ne m'arrêterai pas ici à expliquer pluſieurs uſages très utiles de cette premiere Table, comme de calculer la force des Moulins à eau, celle des Moulins à vent, &c. les ſurfaces des aubes & des aîles étant connuës.

153. Si les prouës des Vaiſſeaux étoient formées de pluſieurs ſurfaces planes diverſement inclinées, il ſeroit aiſé de connoître l'effort total de la réſiſtance de l'eau ſur toute la prouë, en prenant l'effort lateral parallele à la direction de l'eau ou de la route du Vaiſſeau, ſur chaque petite ſurface ſuivant ſa grandeur & ſon inclinaiſon, la viteſſe du Vaiſſeau étant connuë : la ſomme de tous ces efforts donneroit la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa prouë, lorſque la dérive eſt nulle ou fort petite.

Si au contraire les courbures des prouës étoient regulieres, & qu'on pût regarder leur ſurface comme une portion d'un conoïde, formé par la révolution d'une courbe dont la nature fut connuë ; alors on pourroit, par la theorie des impulſions ſur les ſurfaces courbes, trouver l'effort total de la réſiſtance de l'eau, comme M. Bouguer a fait dans ſon Traité de la Mâture. Cette voïe eſt ſans doute la plus naturelle & la plus élegante ; mais

elle a deux inconveniens conſiderables, le premier eſt que les ſurfaces courbes des prouës ſont irregulieres, & le ſecond eſt que ſuppoſé que ces ſurfaces fuſſent régulieres ; on tombe preſque toujours, dans des differentielles qui ne ſont point integrables, & ne laiſſent qu'une idée très confuſe de ce qu'on cherche. Ainſi la voye la plus courte eſt de ſuppoſer que les ſurface courbes des prouës ſont compoſées d'un grand nombre de petites ſurfaces planes triangulaires, ou de telle autre figure qu'on voudra, la ſomme des efforts ſur toutes ces ſurfaces, ſera, à peu près, égale à l'effort de la réſiſtance de l'eau ſur toute la prouë, ou de la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau.

154. Lorſqu'on aura trouvé par cette Methode l'effort de la réſiſtance de l'eau ſur toute la prouë d'un Vaiſſeau, il ſera aiſé de trouver la grandeur d'une ſurface plane, ſur laquelle ſe feroit un effort égal à celui qui ſe fait ſur toute la prouë, & de comparer cette ſurface à celle du plan de la coupe, de l'avant du Vaiſſeau perpendiculaire à la quille, ou au plan fait de la hauteur du Vaiſſeau priſe depuis la quille juſqu'au niveau de l'eau.

Nous nommerons la ſurface plane, ſur laquelle ſe feroit un effort égal à celui qui ſe fait ſur toute la prouë, *le plan reduit*. Il eſt viſible que ce plan reduit ſera d'autant plus petit, par rapport au plan de la coupe du Vaiſſeau, que le gabarit où les façons de la prouë ſeront plus approchantes de la ſurface courbe de la moindre réſiſtance à fendre l'eau, trouvée par les Geometres, ou que le Vaiſſeau ſera plus fin de voile.

Dans les Vaiſſeaux ordinaires ce plan reduit eſt à peu près, entre $\frac{1}{3}$ & $\frac{1}{4}$ du plan de la coupe du Vaiſſeau, c'eſt ce que nous eſperons de verifier encore mieux dans la ſuite, nous le ſuppoſerons ici de $\frac{2}{7}$ du plan total : ainſi un Vaiſſeau du premier rang ayant 44 pieds $\frac{1}{2}$ de large, le plan total de la coupe verticale de la prouë per-

pendiculaire à la quille ſera, à peu près, de 692 pieds dont le neufviéme 76 $\frac{1}{9}$ ou 77 pieds, ſera la valeur du plan reduit.

155. Ayant trouvé la valeur du plan reduit, il ſera aiſé de connoître la force abſoluë de la réſiſtance de l'eau contre la prouë du Vaiſſeau, ſa viteſſe étant connuë en pieds par ſeconde de temps. On trouvera la viteſſe du Vaiſſeau en pieds par ſeconde, en ſçachant le chemin qu'il fait par heure; car ſi le ſillage du Vaiſſeau eſt d'une lieuë par heure, la lieuë marine étant de 2850 toiſes, on ſçaura que le Vaiſſeau a fait 2850 toiſes ou 17100 pieds en une heure, ou en 3600 ſecondes, ce qui donnera 4 pieds $\frac{1}{2}$ par ſeconde; mais pour éviter la peine du calcul, nous avons dreſſé la petite Table ſuivante, dans laquelle on trouvera les viteſſes du Vaiſſeau en pieds, & partie de pieds par ſeconde, correſpondantes aux viteſſes par heure, de quart de lieuë en quart de lieuë.

TABLE DES SILLAGES, d'un Vaiſſeau en pied par ſecondes.

Lieuës par heure.	Pieds par ſeconde.
0	1
0	2
0	3
1	4
1	5
1	7
1	8
2	9
2	10
2	11
2	13
3	14
3	15
3	16
3	17
4	19

156. Si le ſillage du Vaiſſeau eſt de deux lieuës par heure, on trouvera dans la Table 9 pieds $\frac{1}{2}$ de viteſſe par ſeconde ; or l'impulſion de l'eau ſur une ſurface d'un pied, par un pied de viteſſe par ſeconde, étant de 20 onces, il eſt clair que pour avoir la force totale de la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau par ſa prouë, il faut multiplier 20 onces par le quarré de $9\frac{1}{2}$ qui eſt $\frac{361}{4}$, pour avoir le produit 1805 onces, lequel produit ſeroit la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau, ſi ſon plan reduit n'étoit que d'un pied quarré, mais ce plan étant de 77 pieds, il faut multiplier 1805 par 77 pour avoir 138985 onces, ou 8686 livres 9 onces, valeur de la force totale de la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau.

Cette force, comme nous avons dit article 13, eſt toujours égale, & directement oppoſée à la force du vent ſur les voiles.

157. Mais la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles étant connuë, avec l'angle d'incidence du vent, & la ſuperficie des voiles, ſi l on eſt curieux de connoître à peu près, la force totale du vent ſur les voiles, ſans paſſer par la récherche de celle de l'eau ſur la prouë du Vaiſſeau, on prendra dans la premiere Table, la force totale correſpondante à l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, on multiplira cette force par le quarré de la viteſſe reſpective du vent, & le produit par la ſurface des voiles, on diviſera le dernier produit par 1000, pour avoir la force totale du vent ſur les voiles en grains qu'on réduira en livres.

158. Lorſque les voiles d'un Vaiſſeau du premier rang portent ; toutes leurs ſurfaces ſont, à peu près, de 15480 pieds quartés ; ſi l'on ſuppoſe la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles de 30 pieds par ſeconde, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 80 degrés, on trouvera dans la premiere Table vis-à-vis de 80 degrés, la force totale de 1939?, laquelle étant multi-

pliée par 900 quarré de 30, & le produit par 15480 ſurface des voiles, & enfin ayant diviſé ce dernier produit par 1000, on aura la force totale du vent ſur les voiles de 270432974 grains, ou de 29343 livres 14 onces.

Cette force étant beaucoup plus grande que la réſiſtance de l'eau, lorſque le Vaiſſeau fait deux lieuës par heure, nous fait connoître que la viteſſe du Vaiſſeau ſeroit plus grande, toutes choſes reſtant d'ailleurs les mêmes que nous les avons ſuppoſées.

159. Voyons maintenant qu'elle doit être la viteſſe du Vaiſſeau, pour que ſa réſiſtance à fendre l'eau ſoit de 29343 livres 14 onces, ou de 469502 onces; puiſque nous avons vû ci-deſſus que la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau, eſt faite du produit de trois quantités, ſçavoir de 20 onces, du plan reduit 77 pieds, & du quarré de la viteſſe, il eſt évident que ſi l'on diviſe la force de la réſiſtance que le Vaiſſeau trouve à fendre l'eau, que nous ſuppoſons ici de 469502, par 1540 produit de 77 par 20, le quotient 304$\frac{1}{2}$, ſera le quarré de la viteſſe du Vaiſſeau, en pieds par ſeconde: or la racine quarrée de 304$\frac{61}{70}$, eſt à peu près de 17 pieds $\frac{11}{12}$, ce qui montre dans la Table ci-deſſus, que le ſillage du Vaiſſeau ſeroit, dans ce cas, de 3 lieuës $\frac{1}{2}$ par heure. On trouvera ſans doute que cette viteſſe eſt conſiderable, mais il faut obſerver que nous avons ſuppoſé que toutes les voiles portent, que dans cette ſuppoſition nous avons pris l'angle d'incidence du vent ſur les voiles fort grand.

160. Rendons tout ceci plus ſimple, en faiſant abſtraction des forces abſoluës du vent ſur les voiles, & de la réſiſtance de l'eau, il eſt évident que ſi les denſités ou les peſanteurs ſpecifiques de l'eau & de l'air étoient égales, le produit du quarré de la viteſſe du Vaiſſeau, par le plan reduit, ſeroit égal au produit du quarré de la viteſſe reſpective du vent par la ſurface des voiles, & que ſuppoſé que la viteſſe reſpective du vent ſur les

Digitized by Google

voiles fut ſimplement égale à la viteſſe du Vaiſſeau, alors le plan reduit ſeroit égal à la ſurface des voiles, mais la peſanteur ſpecifique de l'eau étant 576 fois plus grande que celle de l'air, pour que la viteſſe du Vaiſſeau fut égale à la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles, il faudroit que la ſurface des voiles fut 576 fois plus grande que celle du plan reduit, & dans ce cas, la viteſſe du Vaiſſeau étant la même que la reſpective du vent ſur les voiles, cette viteſſe ſeroit égale à la moitié de la viteſſe abſoluë du vent.

161. On peut aiſement conclure de tout ce qu'on vient de dire, que le produit du quarré de la viteſſe reſpective du vent, par la ſurface des voiles, étant diviſé par 576, ſera toujours égal au produit de la viteſſe du Vaiſſeau, par le plan reduit; or les racines des quantités égales étant égales, il s'enſuit que le produit de la viteſſe reſpective du vent, par la racine quarrée de la ſurface des voiles, étant diviſé par 24, eſt toujours égal au produit de la viteſſe du Vaiſſeau, par la racine quarrée du plan reduit; on peut donc conſiderer ces deux produits égaux, comme formés de 4 quantités, ſçavoir, de la viteſſe reſpective du vent, de la racine quarrée des voiles diviſée par 24, ou de un $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles; de la viteſſe du Vaiſſeau, & de la racine quarrée du plan reduit: or ces quatre quantités faiſant toujours deux produits égaux, on peut les réduire en proportion, & trois de ces quantités étant connuës, on trouvera la quatriéme comme on va voir par les Regles ſuivantes.

REGLES.

Pour trouver la viteſſe du Vaiſſeau.

162. Si l'on connoît la ſurface du plan reduit, celles des voiles, avec la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles, on trouvera la viteſſe du Vaiſſeau, par cette

Regle de proportion. Comme la racine quarrée du plan reduit, eſt à $\frac{4}{14}$. de la racine quarrée des voiles, ainſi la viteſſe reſpective du vent, ſera à la viteſſe du Vaiſſeau.

EXEMPLE.

163. Soit le plan reduit de 77 pieds, dont la racine eſt à peu près 8 $\frac{77}{100}$ ou $\frac{177}{400}$, la ſurface des voiles de 15480. pieds, dont la racine 124 $\frac{42}{100}$, ou $\frac{12442}{100}$, étant diviſée par 24 donnera à peu près $\frac{181}{100}$.

Si l'on ſuppoſe la viteſſe du vent de 30 pieds par ſeconde, on dira, ſi $\frac{177}{100}$, donnent $\frac{518}{100}$, ou ſimplement, ſi 877 donnent 518, combien 30. La Regle étant faite, on trouvera 17 pieds, & environ $\frac{1}{4}$ pour la viteſſe du Vaiſſeau, & cette viteſſe donne dans la Table ci-deſſus, près de 3 lieuës $\frac{1}{4}$ par heure.

REGLES.

Pour trouver la valeur du Plan reduit.

164. Si l'on connoît la viteſſe du Vaiſſeau, celle du vent ſur les voiles, avec la ſurface des voiles, on trouvera la valeur du Plan reduit, par cette proportion, laquelle n'eſt que l'inverſe de la précedente. Comme la viteſſe du Vaiſſeau, eſt à la reſpective du vent ſur les voiles, ainſi le $\frac{1}{14}$ de la racine quarrée des voiles, à la racine quarrée du Plan reduit.

Si la viteſſe du Vaiſſeau eſt de 3 lieuës $\frac{1}{4}$ par heure, cette viteſſe donne par la Table, 17 pieds $\frac{17}{76}$ par ſeconde.

La viteſſe reſpective du vent de 30 pieds, & le $\frac{1}{14}$ de la racine des voiles de $\frac{111}{100}$, on dira ſi 17 $\frac{17}{76}$ ou $\frac{1381}{76}$ donnent 30, combien donneront $\frac{111}{100}$, la Regle étant faite, on trouvera près de $\frac{177}{100}$, pour la racine du Plan reduit, dont le quarré ſera entre 76 & 77 pour la valeur du Plan reduir.

165

165. Il eſt très aiſé de voir, que connoiſſant la ſurface des voiles, le plan reduit, avec la viteſſe du Vaiſſeau, on trouvera la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles : & qu'enfin connoiſſant la viteſſe reſpective du vent, celle du Vaiſſeau, avec le plan reduit, on trouvera la ſurface des voiles, car dans le premier cas on dira,

Le $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles, eſt à la racine du plan reduit, comme la viteſſe du Vaiſſeau, eſt à la viteſſe reſpective du vent : & au contraire dans le ſecond cas, on dira, comme la viteſſe rélative du vent, eſt à celle du Vaiſſeau, ainſi la racine du plan reduit, ſera à $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles.

166. Pour rendre les Regles précedentes plus ſimples, nous avons ſuppoſé deux choſes qui ne ſçauroient ſe rencontrer toutes deux enſemble dans la pratique ; la premiere que l'angle d'incidence du vent ſur les voiles eſt droit, ou que le Vaiſſeau fait vent arriere, & la ſeconde que toutes les voiles portent ; mais de vent arriere les voiles des mats de l'arriere couvrent, comme nous avons dit, les voiles des mats de l'avant : ainſi ſi l'angle d'incidence du vent ſur les voiles eſt droit, toutes les voiles ne ſçauroient porter, & ſi toutes les voiles portent l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, doit être aigu. Suppoſons d'abord que l'angle d'incidence eſt droit, ou que le Vaiſſeau fait vent arriere : dans ce cas la quantité des voiles au lieu d'être de 15480, ne ſeroit, à peu près, que de 7536 pieds dont la racine quarrée eſt près de $\frac{2744}{100}$; il faut comme nous avons dit ci-deſſus diviſer cette racine $\frac{1027}{100}$ par 24, pour avoir $\frac{343}{100}$ au lieu de $\frac{515}{100}$, ainſi on mettra ſimplement dans les Regles précedentes $\frac{343}{100}$ au lieu de $\frac{515}{100}$.

Si l'on propoſe par exemple, de trouver la viteſſe du Vaiſſeau, connoiſſant la ſurface du plan reduit, celles des voiles, & la viteſſe reſpective du vent : on dira comme la racine du plan reduit, que nous avons ſup-

posée ci-dessus de $\frac{877}{1000}$, est à la racine de la surface des voiles divisée par 24, qu'on vient de trouver de $\frac{362}{1000}$, ou comme 877 est à 362, ainsi la viteſſe reſpective du vent, que nous prenons encore de 30 pieds par ſeconde, à la vireſſe du Vaiſſeau, qu'on trouve en achevant la Regle de $12\frac{1}{4}$ environ ; cette viteſſe donne dans la Table le ſillage du Vaiſſeau entre $2\frac{1}{2}$ & 2, & $\frac{3}{4}$ lieuës par heute.

167. Mais ſuppoſons maintenant que toutes les voiles portent, & que pour cet effet, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles ſoit aigu ; dans ce cas l'action du vent ſur les voiles diminuera dans le rapport du quarré du ſinus total au quatré du ſinus de l'angle d'incidence du vent ſut les voiles, & il ſera aiſé de voir à ceux qui ont une legere teinture d'algebre, que le produit du quatré de la viteſſe reſpective du vent par la ſurface des voiles diviſée par 576, & par une fraction dont le numetateur eſt le quarré du ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & le dénominateut le quatré du ſinus total, que le produit, dis-je, de ces trois quantités eſt égal au produit du plan reduit par le quarré de la viteſſe du Vaiſſeau. Si on tire la racine quarrée de chaque produit, on aura deux nouveaux produits égaux ; le premier de la viteſſe reſpective, pat la racine des voiles, diviſée pat 24, & par le ſinus d'incidence du vent ſut les voiles, diviſé pat le ſinus total : & le ſecond de la racine du plan reduit, par la viteſſe du Vaiſſeau. Reduiſant ces deux produits égaux en ptoportion, en prenant pour un des termes de la proportion le produit de $\frac{1}{24}$ de la racine des voiles par la fraction, dont le numetateur eſt le ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & le dénominateut le ſinus total ; les autres termes de la proportion ſeront tous ſimples, car ſi celui-ci eſt le premier, le ſecond terme ſera la racine du plan reduit, le troiſiéme la viteſſe du Vaiſſeau, & le quatriéme la viteſſe reſpective du vent, dont trois étant

connus on trouvera le quatriéme, par la Regle de proportion.

Si l'on veut trouver, par exemple, la viteſſe du Vaiſſeau, la racine du plan reduit étant de $\frac{177}{100}$, la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles de 30 pieds, la racine des voiles diviſée par 24 de $\frac{111}{100}$, & l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 63 degrés, dont le ſinus eſt 89100, lequel étant diviſé par le ſinus total, donne la fraction $\frac{89100}{100000}$ ou $\frac{891}{1000}$: il faut multiplier $\frac{111}{100}$ par $\frac{891}{1000}$, pour avoir $\frac{98901}{100000}$, & faire enſuite la regle de proportion ſuivante. Comme la racine du plan reduit $\frac{177}{100}$, eſt au produit de $\frac{3}{4}$ de la racine des voiles, par le ſinus total que nous venons de trouver de $\frac{98901}{100000}$. Ainſi la viteſſe reſpective du vent de 30 pieds par ſeconde, à la viteſſe du Vaiſſeau qu'on trouvera, en achevant la Regle, de 15 pieds & environ $\frac{2}{10}$, ce qui donne dans la Table un peu plus de 3 lieuës $\frac{1}{4}$ par heure.

168. Lorſqu'un Vaiſſeau fait route de vent arriere, ou même d'un vent largue qui approche du vent arriere, la viteſſe abſoluë du vent eſt égale à la ſomme de la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles, & de celles du Vaiſſeau ainſi dans le premier Exemple précedent, la viteſſe abſoluë du vent eſt égale à la viteſſe rélative 30 pieds, plus la viteſſe du Vaiſſeau 12 pieds $\frac{1}{4}$ ou à 42 pieds $\frac{1}{4}$, & dans le ſecond Exemple, la viteſſe abſoluë du vent eſt de trente pieds, plus 15 pieds $\frac{2}{10}$, ou de 45 pieds $\frac{2}{10}$ par ſeconde.

Mais la viteſſe reſpective du vent ſur les voiles étant inconnuë, on pourra lorſque le Vaiſſeau fait vent arriere, trouver la viteſſe abſoluë du vent, par la Regle ſuivante, en connoiſſant la viteſſe du Vaiſſeau, le plan reduit, & la ſurface des voiles.

Comme la racine de la ſurface des voiles, eſt à une ſomme compoſée de 24 fois la racine du plan reduit, plus la racine des voiles, ainſi la viteſſe du Vaiſſeau, à la viteſſe abſoluë du vent.

EXEMPLE.

Soit la racine des voiles de $\frac{1611}{100}$, la racine du plan reduit de $\frac{177}{100}$, & la viteſſe du Vaiſſeau de 12 pieds $\frac{1}{4}$ par ſeconde.

Si l'on multiplie la racine du plan reduit $\frac{177}{100}$ par 24, on aura $\frac{4248}{100}$, qu'il faut ajoûter avec la racine des voiles $\frac{1611}{100}$, pour avoir la ſomme $\frac{5859}{100}$.

On dira donc ſuivant la Regle, comme la racine des voiles $\frac{1611}{100}$, eſt à la ſomme $\frac{5859}{100}$, ainſi la viteſſe du Vaiſſeau 12 pieds $\frac{1}{4}$, ſera à la viteſſe abſoluë du vent, qu'on trouvera, après avoir achevé la Regle, de 42 pieds & environ $\frac{1}{4}$.

Si le Vaiſſeau ne fait pas vent arriere, ou que l'angle d'incidence du vent ſur les voiles ſoit aigu, on trouvera la viteſſe abſoluë du vent par la Regle ſuivante; en connoiſſant la ſurface des voiles, celle du plan reduit, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles, & la viteſſe du Vaiſſeau. Comme la racine des voiles, eſt à une ſomme compoſée de 24 fois la racine du plan reduit, multipliée par le ſinus total, & diviſée par le ſinus d'incidence du vent ſur les voiles, & au quotient qui en viendra, on ajoûtera la racine des voiles, pour avoir la ſomme. Ainſi la viteſſe du Vaiſſeau, ſera à la viteſſe abſoluë du vent.

EXEMPLE.

Nous ſuppoſons, dans cet Exemple, qu'il y a une plus grande quantité de voiles qui portent à cauſe de l'obliquité des voiles avec le vent, ainſi nous prendrons la racine des voiles de $\frac{12000}{100}$. La racine du plan reduit eſt de $\frac{177}{100}$, l'angle d'incidence du vent ſur les voiles de 63 degrés, dont le ſinus eſt 89100, & la viteſſe du Vaiſſeau de 15 $\frac{2}{10}$ ou $\frac{152}{10}$: pour avoir le produit compoſé, on multipliera la racine du plan reduit $\frac{177}{100}$ par 24, & le produit $\frac{4248}{100}$ par le ſinus total 100000 pour

avoir 2104800, qu'il faut diviſer par le ſinus d'incidence 89100, le quotient eſt $\frac{2362}{1000}$, auquel il faut ajoûter la racine des voiles $\frac{2344}{1000}$, pour avoir enfin le produit compoſé de $\frac{4706}{1000}$, on dira donc comme la racine des voiles $\frac{2344}{1000}$, eſt au produit compoſé qu'on vient de trouver $\frac{4706}{1000}$, ainſi la viteſſe du Vaiſſeau $\frac{5}{100}$, à la viteſſe abſoluë du vent, qu'on trouvera en achevant la Regle de 45 pieds $\frac{6}{10}$.

169. Si la viteſſe abſoluë du vent eſt connuë, pour trouver celle du Vaiſſeau, il eſt clair que les Regles qu'on doit ſuivre, dans les deux Cas, le premier lorſque le Vaiſſeau fait route de vent arriere, & le ſecond lorſque le Vaiſſeau fait route de vent largue, ne ſont autre choſe que l'inverſe des Regles précedentes; ainſi pour trouver la viteſſe du Vaiſſeau, dans le premier cas, on dira, comme la ſomme compoſée de 24 fois la racine du plan reduit, & de la racine des voiles, eſt à la racine de la ſurface des voiles; ainſi la viteſſe abſoluë du vent, ſera à la viteſſe du Vaiſſeau.

EXEMPLE.

La ſomme compoſée ayant été trouvée comme ci-deſſus de $\frac{2710}{100}$, la racine des voiles de $\frac{1681}{100}$, & la viteſſe abſoluë du vent étant de 42 pieds $\frac{1}{4}$: on dira ſi $\frac{1671}{100}$, donnent $\frac{1681}{100}$, combien 42 pieds $\frac{1}{4}$; la Regle étant finie, on trouvera la viteſſe du Vaiſſeau de 12 pieds $\frac{1}{4}$ par ſeconde.

Enfin pour avoir la viteſſe du Vaiſſeau dans le ſecond Cas, on dira, comme la ſomme compoſée comme ci-deſſus, eſt à la racine des voiles; ainſi la viteſſe abſoluë du vent, ſera à la viteſſe du Vaiſſeau.

EXEMPLE.

Ayant trouvé le produit compoſé comme ci-deſſus de $\frac{2644}{100}$, on dira, comme $\frac{2644}{100}$, eſt à la racine des voiles $\frac{1234}{100}$, ainſi la viteſſe abſoluë du vent que nous

ſuppoſons de 45 pieds $\frac{6}{10}$, ſera à la viteſſe du Vaiſſeau, qu'on trouvera de 15 pieds & environ $\frac{2}{3}$.

Ces dernieres Regles pourront ſervir pour trouver les plus grandes viteſſes des Vaiſſeaux, & que nous avons exprimées par 1000 dans nos Tables.

REMARQUE.

Nous pourrions ajoûter encore quelques autres Regles, mais celles que nous venons de donner ſuffiſent aſſés pour les uſages de nos Tables.

Je prévois que les Marins trouveront des difficultés pour orienter les voiles, ſuivant les angles marqués dans les Tables; mais je me perſuade que les Manœuvriers qui aiment leur Art, préfereront des juſtes déterminations à une Pratique aveugle, & trouveront des moyens de faire faire aux vergues & à la quille du Vaiſſeau, à peu près, les angles des Tables qui ſont les plus avantageux, pour faire une route donnée. Je dis à peu près, car ce ſera toujours beaucoup de déterminer ces angles à 4 ou 5 degrés près. Que ſi l'on trouve encore des difficultés, je donnerai dans la ſuite des Methodes pour les ſurmonter, après avoir fait pour cela des épreuves ſur des Vaiſſeaux. Ce qu'il y a de plus important, eſt de connoître exactement l'angle de la ligne du vent & de la quille du Vaiſſeau; car cet angle ſert, comme l'on a vû, de baſe & de fondement à l'uſage des Tables, & à la réſolution de preſque toutes les queſtions de la Manœuvre. Comme les Methodes dont les Pilotes ſe ſervent pour connoître cet angle, ne ſont pas aſſés exactes; M. Dons-en-bray Honoraire de l'Academie, toujours occupé aux progrès des Sciences & des Arts, a imaginé une Machine très ſimple, ſur laquelle cet angle ſera indiqué à tout moment; auſſi bien que l'angle du meridien de la Bouſſole & de la ligne du vent, & l'angle du meridien de la Bouſſole & de la quille. On trouvera la deſcription

de cette machine dans les Mémoires de l'Academie de 1731. M. Dons-en-bray a auſſi inventé pluſieurs Machines, pour connoître le nom & la viteſſe ou la force rélative du vent, autres que celle dont nous avons parlé article 110. dont il fera part au public.

Je dois encore avertir, que ſi l'on trouve que les formes des Vaiſſeaux ſur leſquelles j'ai conſtruit mes Tables, ne ſont pas aſſés approchantes de celles des differens Vaiſſeaux ordinaires; je prendrai dans la ſuite ſur les Vaiſſeaux mêmes, les differentes tranches horizontales de la Carene ſur leſquelles je conſtruirai des nouvelles Tables qu'on pourra joindre à celle-ci, trop heureux ſi je puis contribuer à perfectionner l'Art de la Navigation.

FIN.

TABLE
DES ARTICLES.

1. QU'IL eſt indifferent de conſiderer les fluides, ou les ſurfaces en mouvement. Page 1.
2. Que les impulſions des fluides, ſont comme les quarrez de leurs viteſſes. La même.
3. Les impulſions ſont encore comme les quarrez des ſinus des angles d'incidence. 2.
4. Si les viteſſes ſont égales, & les angles d'incidence égaux; les Impreſſions ſont dans la raiſon ſimple de la grandeur des ſurfaces. La même.
5. Mais ſi les viteſſes & les ſurfaces ſont inégales, les impulſions ſeront en raiſon compoſée de la ſimple des ſurfaces, & de la doublée des ſinus d'incidence. La même.
6. Si les ſurfaces ſont inégales & les angles d'incidence inégaux, les impulſions ſeront en raiſon compoſée de la ſimple des ſurfaces, & de la doublée des ſinus d'incidence. 3.
7. Les viteſſes étant inégales, & les angles d'incidence inégaux, les forces des impreſſions ſont en raiſon compoſée de la doublée des viteſſes & de la doublée des ſinus d'incidence. La même.
8. Enfin ſi les ſinus d'incidence, les viteſſes & les ſurfaces ſont inégales, les Impreſſions ſeront en raiſon compo-

compoſée de la doublée des ſinus, de la doublée des viteſſes & de la ſimple des ſurfaces. La même.

9. *La direction ſelon laquelle une ſurface eſt pouſſee par un fluide, eſt toujours perpendiculaire à la même ſurface.* La même.

10. *Qu'on peut exprimer en ligne les rapports, entre les forces des Impreſſions ſur differentes ſurfaces.* La même.

11. *Détermination moyenne entre celle de pluſieurs ſurfaces, choquées en même-tems par un fluide.* 4.

12. *Détermination moyenne d'une ſurface courbe.* La même.

SECTION. II.

13. *Principe general de toute la Theorie de la Manœuvre.* 5.

14. *La ligne de la route du Vaiſſeau ne ſçauroit être parallele à la ligne moyenne de la force mouvante, que lorſque le Vaiſſeau fait vent arriere.* La même.

15. *Si le Vaiſſeau étoit parfaitement rond, ſes lignes ſeroient toujours paralleles.* 6.

16. *Que la route du Vaiſſeau ſe feroit toujours dans la direction de la Quille ſi ſa réſiſtance à fendre l'eau par ſa pointe étoit nulle, ou infiniment petite.* La même.

17. *Mais cette réſiſtance n'étant ni nulle ni infini-*

ment petite, le Vaiſſeau doit prendre une route moyenne. La même.

18. *Ce qu'on entend par la dérive du Vaiſſeau.* La même.

19. *Quel eſt l'objet principal de la Theorie de la Manœuvre.* La même.

20. *Ce qu'on entend par vent arriere, vent de quartier, vent largue, & vent de bouline.* 7.

21. *Ce que c'eſt qu'eſtre également au vent, ſous le vent, & avoir le deſſus ou l'avantage du vent.* La même.

22. *Ce qu'on entend par tenir également le vent, gagner au vent, & perdre au vent.* La même.

23. *De l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la quille pour gagner au vent, & des deſavantages de trop ſerrer le vent.* 8.

24. *Juſqu'à quel point on peut ſerrer le vent, ou du plus petit angle que la ligne de la route puiſſe faire avec la ligne du vent.* La même.

25. *Que le vent arriere ſeroit le plus avantageux pour fuir le vent, ſi toutes les voiles portoient.* La même.

26. *De l'angle le plus avantageux de la ligne du vent & de la voile.* 9.

SECTION III.

Des ſituations les plus avantageuſes d'un Vaiſſeau qui n'eſt point ſujet à la dérive.

27. *Principes & preparation pour déterminer l'angle*

le plus avantageux. 11.

28. *Calcul de la plus grande force laterale, parallele à la direction de la quille ou de l'angle le plus avantageux, de la voile & de la ligne du vent.* 12.

29. *Que le même calcul détermine tout à la fois les deux angles les plus avantageux, l'un pour gagner & l'autre pour perdre au vent.* 13.

30. *Calcul de la Table des ſituations les plus avantageuſes de la voile, pour tous les angles de 3 en 3 degrés du rumb de vent, & de la route du Vaiſſeau.* La même.

31. *Que cette Table donne en même-tems l'angle le plus avantageux de la quille, & de la ligne du vent.* 14.

32. *Remarque ſur le cas que la quille eſt perpendiculaire à ligne du vent.* La même.

33. *Que ſi on ſuppoſe que l'angle de la voile & de la quille eſt nul, on aura l'angle le plus avantageux de la quille & de la ligne du vent.* 15.

34. *Situations les plus avantageuſes, tant de la quille que de la voile, pour gagner & pour perdre au vent.* La même.

SECTION IV.

Des ſituations de la voile par rapport aux differentes routes & dérives du Vaiſſeau, dont le Plan de leur coupes horizontales de la carene, eſt un poligone rectiligne.

35. *Ce qu'on entend par la carene, & dans quel*

ſens on peut prendre les coupes horizontales d'un Vaiſſeau pour un poligone. 17.
36. *Principes des impulſions ſur les ſurfaces planes.* 18.
37. & 38. *Rapport des impulſions ſur des ſurfaces inégales & poſées differemment.* 19.
39. *Des Impreſſions ſur deux ſurfaces égales, faiſant un angle invariable.* La même.
40. *Détermination de ces ſurfaces pouſſées obliquement.* La même.
41. *Application de ces principes à la determination de la route, & de la dérive des Vaiſſeaux en loſanges, & en paralellogrames.* 20.
42. *Détermination de la dérive & de la ſituation de la voile des Vaiſſeaux, dont les coupes ſont des poligones.* La même.
43. *Les mêmes déterminations pour le cas, que l'effort de l'eau ne ſe fait que ſur un côté du Vaiſſeau.* 21.
44. *Calcul de la Table des forces laterales.* 22.
45. *Exemple pour déterminer par le moyen de la Table la ſituation de la voile, l'angle de la dérive étant donné.* 23.
46. *Neceſſité de dreſſer des Tables pour la Manœuvre.* 25.
47. *D'où vient qu'on a preferé de donner aux Vaiſſeaux des formes courbes plutôt que des rectilignes.* La même.
48. *Neceſſité de regarder les courbures irregulieres des bordages des Vaiſſeaux comme des poligones, ou comme des courbes geometriques, fort approchan-*

tes de celles des Vaiſſeaux. 26.
49. *Que tous les Vaiſſeaux ont deux courbures, l'une verticale & l'autre horizontale.* La même.
50. *Que la courbure horizontale peut être priſe pour un ſegment de cercle.* 27.

SECTION V.

Des réſiſtances & déterminations moyennes des Figures curvilignes, ou des coupes horizontales des ſurfaces courbes muës dans l'eau, ou dans tout autre fluide.

51. *Methode qu'on doit ſuivre pour trouver la force, & la détermination moyenne d'une courbe muë dans un fluide.* 29.
52. *Calcul de la force totale & des laterales paralelles & perpendiculaires à la direction du fluide.* 30.
53. *Qu'il faut connoître la nature de la courbe.* La même.
54. *Calcul en prenant la courbe pour un arc de cercle.* 31.
55. *Lorſque c'eſt un quart de cercle.* 32.
56. *Un demi cercle.* La même.
57. *Calcul de la Table des forces laterales ſur tous les arcs d'un quart de cercle de 30 en 30 minutes.* La même.
58. *Les tranches horizontales d'un Vaiſſeau, étant de ſegmens de cercle ſemblables, déterminer la poſition de la voile, dans le cas que la dérive eſt nul-*

le. 33.
59. *Calcul de ce premier Cas.* La même.
60. *Second cas où l'on détermine la direction & la quantité de la réſiſtance moyenne de l'eau, & par conſequent la poſition de la voile, l'angle de la dérive étant moindre que la moitié du ſegment* MAH. 34.
61. *Calcul pour ce ſecond cas.* 35.
62. *Troiſiéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, lorſque l'angle de la dérive eſt égal à la moitié du ſegment* MAH, *ou que la réſiſtance de l'eau commence à ne ſe faire ſentir que ſur la moitié du Vaiſſeau.* 36.
63. *Quatriéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, lorſque l'angle de la dérive eſt plus grand que la moitié du même arc* MAH. 37.
64. *Calcul pour ce quatriéme cas.* La même.
65. *Cinquiéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, lorſque l'angle de la dérive eſt plus grand que le complement de la moitié de l'arc du ſegment* MAH. 38.
66. *Sixiéme cas où l'on trouve les mêmes déterminations, l'angle de la dérive étant droit, ou que le Vaiſſeau preſente le côté.* 39.
67. *Rapport entre les réſiſtances que les Vaiſſeaux trouvent à fendre l'eau par leur pointe, à celle qu'ils trouvent à fendre l'eau par le côté.* La même.

SECTION VI.

Du rapport des differentes viteſſes d'un Vaiſſeau, ſuivant les differentes routes qu'il parcourt, & les ſituations de la voile & de la ligne du vent.

68. *Que les viteſſes ſont en raiſon ſous-doublée, réciproques des diagonales* BO, *ou des réſiſtances moyennes.* 41.

69. *Calcul des des viteſſes, en ſuppoſant la plus grande de* 1000. 42.

70. *La route, la dérive, & la ſituation de la voile reſtant la même, ſi la ligne ou le rumb de vent vient à changer les viteſſes du Vaiſſeau ſeront dans la raiſon ſimple des ſinus d'incidence du vent ſur les voiles.* 43.

71. *Que tout reſtant de même que dans l'article précedent, ſi la viteſſe du vent augmente ou diminuë, les viteſſes du Vaiſſeau ſeront dans la raiſon ſimple de celle du vent.* 44.

72. *Raiſon des viteſſes d'un même Vaiſſeau, dont on change la ſituation de la voile.* La même.

73. *Raiſon des viteſſes, lorſque l'angle de la quille & de la voile changent avec la viteſſe du vent.* La même.

74. *Raiſon des viteſſes, lorſque la ligne du vent & ſa viteſſe changent.* La même.

75. *Raiſon des viteſſes du Vaiſſeau, lorſque l'angle de la quille & de la voile, la ligne & la viteſſe du*

vent changent. 45.
76. *Du rapport des viteſſes d'un Vaiſſeau, ſuivant les differentes quantités des voiles.* 46.
77. *Rapport des viteſſes, lorſque les ſurfaces des voiles, & les viteſſes reſpectives du vent ſont differentes.* 47.
78. *Du même rapport des viteſſes, les ſurfaces des voiles, les viteſſes du vent, & les angles d'incidence du vent ſur les voiles étant differens.* La même.
79. *Du même rapport, lorſque les ſurfaces des voiles, les viteſſes du vent, & les angles des voiles & de la ligne du vent, & des voiles avec la quille ſont differens.* La même.
80. *Des changemens que peuvent cauſer les courbures des voiles, dans la détermination de la ligne de la route d'un Vaiſſeau.* La même.
81. *Regle pour réduire l'effet des courbures des voiles, à celui du ſimple changement des voiles planes.* 48.

SECTION VII.

Du Gouvernail.

82. *Le Gouvernail eſt auſſi neceſſaire à un Navire que les voiles.* 50.
83. *En quoi conſiſte la force du Gouvernail.* La même.
84. *Mecaniſme de cette force pour faire virer le Navire.* 51.
85. *Calcul analitique de la force, qui peut faire tourner le Navire ſur lui-même étant arrêté.* La même.
86. *Com-*

86. *Comment la viteſſe ou le ſillage imprime ſur le Gouvernail une force capable de faire virer le Vaiſſeau promptement.* 52.
87. *Détermination de l'angle le plus avantageux que le Gouvernail doit faire avec la ligne de la route, où le ſillage du Vaiſſeau pour virer le plus promptement qu'il eſt poſſible.* 53.
88. *La même détermination en y comprenant la dérive.* 54.

SECTION VIII.

De la Rame.

89. *Des examens qu'on doit faire ſur la rame.* 56.
90. *Déterminer la force qui fait avancer une Galere réſultante de celle des rameurs.* La même.
91. *Rapport de ces deux forces.* 57.
92. *Application la plus avantageuſe de la rame.* 58.
93. *Il faut déterminer le centre ou le point moyen des forces de pluſieurs rameurs appliqués à une ſeule rame.* 59.

SECTION IX.

94. *Conſtruction des Tables.* 60.
95. *Calculs des quantités de la dérive.* La même.
96. *Conſtruction des Tables pour la pratique de la manœuvre.* 61.
97. *Des premieres connoiſſances neceſſaires à la pratique de la manœuvre.* 62.
98. *De la neceſſité des Tables pour la prati-*

que. La même.
99. *Qu'on ne peut ſerrer le vent que juſques à un certain point.* 63.
100. *De la plus grande dérive d'un Vaiſſeau.* La même.
101. *Deffaut conſiderable qui arrive ſouvent dans la pratique.* 64.
102. *Des erreurs cauſées par les courans & les marées.* 65.

PROBLEME I.

103. *La direction de la route étant avec celle du rumb ou de la ligne du vent, trouver l'angle des voiles avec la quille, & la dérive.* 65.
104. *Premier Exemple.* La même.
105. *Deuxiéme Exemple.* 66.
106. *Troiſiéme Exemple.* La même.

PROBLEME. II.

107. *Déterminer les rapports des viteſſes du Vaiſſeau, des trois Exemples précedens.* 67.

PROBLEME III.

108. *Déterminer les rapports entre les viteſſes d'un Vaiſſeau dans les differentes routes, & les differens angles d'incidence du vent ſur les voiles.* 68.
109. *Pratique pour trouver les viteſſes rélatives du vent ſur les voiles.* 69.

PROBLEME IV.

110. *Trouver les rapports entre les viteſſes reſpectives du vent.*
111. *Demonſtration.* 70.
112. *Exemple.* La même.

PLOBLEME V.

113. *Connoiſſant le rapport entre les viteſſes d'un vent, déterminer ceux des viteſſes d'un Vaiſſeau dans ſes differentes routes, & ſes differens angles d'incidence du vent ſur les voiles.* 71.
114. *Que ce Probleme eſt le plus utile de toute la manœuvre.* La même.
115. *Exemple du cinquiéme Probleme.* 72.
116. *Autre Exemple.*
117. *Remarques ſur les formes des Vaiſſeaux, & ſur les cauſes qui les rendent bon ou mauvais voiliers.* 73.

PROBLEME VI.

118. *Comparaiſon des viteſſes de deux Vaiſſeaux dans tous les cas, d'égalité ou d'inegalité, des angles des voiles & de la quille, de ceux d'incidence du vent ſur les voiles, & des viteſſes relatives du vent.* 74.
119. *Exemple ſur le premier cas.* 75.
120. *Exemple ſur le ſecond cas.* 76.
121. *Exemple ſur le troiſiéme cas.* La même.
122. *Exemple ſur le quatriéme cas.* 77.

123. *Exemple ſur le cinquiéme cas.* 78.
124. *Exemple ſur le ſixiéme cas.* La même.
125. *Remarque ſur les Problemes precedents.* 80.

PROBLEME VII.

126. *Comparaiſon des viteſſes ou ſillages d'un même Vaiſſeau mû par un même vent, entre l'état que l'angle des voiles & de la quille eſt le plus avantageux, & l'état auquel ce même angle eſt plus grand ou plus petit de pluſieurs degrés, que l'angle le plus avantageux.* La même.
127. *Exemple.* 81.
128. *Autre Exemple.* 82.

PROBLEME VIII.

129. *Comparaiſon des viteſſes de deux Vaiſſeaux pouſſés par un même vent.* 83.

PROBLEME IX.

130. *Trouver la quantité, dont un Vaiſſeau perd ou gagne au vent ſon ſillage étant connu.* 85.
131. *Exemple ſur la quantité dont un Vaiſſeau perd au vent.* 87.
132. *Exemple ſur la quantité dont il gagne au vent.* La même.

PROBLEME X.

133. *De deux Vaiſſeaux qui ſe diſputent l'avantage du vent, dont l'un profite des ſituations les plus avantageuſes des voiles, & l'autre ferme le*

vent le plus qu'il peut, déterminer l'avantage du premier sur le second. La même.
134. *Calcul par Logarithmes.* 89.
135. *Remarque sur le Probleme.* 90.

PROBLEME XI.

136. *Trouver le chemin qu'un Vaisseau peut faire en presentant le côté au vent.* La même.
137. *Exemple.* 91.

PROBLÊME XII.

Déterminer les differens sillages, d'un ou de plusieurs Vaisseaux, rélativement aux differentes quantités des voiles.

138. *Des vitesses du Vaisseau rélatives aux quantités des voiles.* 92.
139. *Des vitesses du Vaisseau rélatives, aux quantités des voiles & aux vitesses du vent.* La même.
140. *De quelle quantité il faut diminuer les voiles, pour conserver au Vaisseau son même sillage, lorsque le vent vient à se renforcer.* 93.
141. *Qu'on n'a pas besoin de connoître la surface des voiles.* 94.
142. *Du rapport entre les sillages d'un Vaisseau, rélativement à differentes quantités des voiles, differentes forces du vent, & differens angles d'incidence du vent sur les voiles.* 95.
143. *Trouver le même rapport que dans l'article précedent, lorsque les angles des voiles & de la*

quille ſont differens. La même.

PROBLEME XIII.

144. *Comparaiſon des ſillages d'un Vaiſſeau, dans ces differentes voilures.* 97.
145. *Exemple.* 98.
146. *Trouver la force de l'impulſion de l'eau, ſur une ſurface d'un pied quarré, par une viteſſe d'un pied par ſeconde de tems.* 101.
147. *Trouver la force du vent ſur une même ſurface, avec une même viteſſe que ci-deſſus.* 102.
148. *Principes ſur lequel les calculs de notre premiere Table eſt fondée.* 103.
149. *Calcul de la force totale de l'eau & du vent, ſur une ſurface oblique.* 104.
150. *Calcul de la force laterale parallele de l'eau & du vent, ſur une ſurface oblique.* La même.
151. *Calcul de la laterale perpendiculaire ſur la même ſurface oblique.* La même.
152. *De la réſiſtance que les Vaiſſeaux trouvent à fendre l'eau par leur prouë.* 105.
153. *Qu'il faut trouver un Plan, lequel étant mû perpendiculairement dans l'eau, trouveroit une égale réſiſtance que celle de la prouë d'un Vaiſſeau, nous appellons ce Plan, le Plan reduit.* 106.
154. *Le ſillage d'un Vaiſſeau étant connu en lieuës par heure, methode pour le réduire en pieds & parties de pieds par ſeconde, ou au contrai-*

re &c. 107.

155. *Calcul de la force de la réſiſtance de l'eau ſur la proüe d'un Vaiſſeau, qui fait deux lieuës par heure.* 109.

156. *Methode de calculer la force du vent ſur les voiles.* La même.

157. *Exemple de cette Methode.*

158. *La réſiſtance de l'eau ſur la proüe du Vaiſſeau, ou la force du vent ſur les voiles étant connnuë, trouver la viteſſe du Vaiſſeau.* 110.

159. *Des rapports entre les viteſſes du Vaiſſeau, & celles du vent.* La même.

160. *Regle generale entre ces quatre quantités, la viteſſe du Vaiſſeau, celle du vent ſur les voiles, le Plan reduit, & la ſurface des voiles.* 111.

161. *Regle pour connoître la viteſſe du Vaiſſeau.* La même.

162. *Exemple.* 112.

163. *Regle pour trouver la valeur du Plan reduit.* La même.

164 *Regles pour trouver la viteſſe reſpective du vent, & la ſurface des voiles.* 113.

165. *Trouver la viteſſe du Vaiſſeau, en ſuppoſant qu'il n'y a qu'une partie des voiles qui portent.* La même.

166. *Trouver la viteſſe du Vaiſſeau, lorſque la direction du vent n'eſt pas perpendiculaire à la*

ſurface des voiles. La même.
167. *Regles pour trouver la viteſſe abſoluë du vent.* 115.
168. *La viteſſe abſoluë du vent étant connuë, trouver celle du Vaiſſeau.* 117.

FIN DE LA TABLE.

608501
Biblioteca Nazionale NAPOLI

TABLE des Chocs les Angles d'inclinaiſon de 30 en 30 de 20000 parties.

Angle d'inclinaiſon	Force totale.	Force latérale parallele.	Force latérale perpendiculaire.
0. 30	0 $\frac{111}{1000}$	1	
1	6	39	
1. 30	14	84	
2	24	96	
2. 30	38	45	
3	55	90	
3. 30	75	34	
4	97	78	
4. 30	123	10	
5	154	44	
5. 30	184	75	
6	218	02	
6. 30	256	26	
7	297	46	
7. 30	341	64	
8	388	77	
8. 30	437	87	
9	489	94	
9. 30	545	98	
10	603	97	
10. 30	664	94	
11	728	87	
11. 30	795	76	
12	864	62	
12. 30	937	44	
13	1012	22	
13. 30	1090	97	
14	1170	69	
14 30	1254	36	
15	1340	00	
15. 30	1428	61	
16	1520	16	
16. 30	1613	70	
17	1714	20	
17. 30	1809	66	
18	1910	08	
18. 30	2014	47	
19	2120	82	
19. 30	2264	14	
20	2339	43	
20. 30	2453	66	
21	2569	88	
21. 30	2688	92	
22	2807	12	
22. 30	2929	32	

Angle d'inclinaiſon	Force totale.	Force latérale parallele.	Force latérale perpendiculaire.
68	17194	15942	6441
68. 30	17314	16109	6345
69	17432	16174	6247
69. 30	17547	16436	6145
70	17660	16595	6040
70. 30	17772	16753	5932
71	17880	16906	5822
71. 30	17987	17057	5707
72	18091	17206	5463
72. 30	18192	17350	5471
73	18291	17492	5337
73. 30	18387	17630	5222
74	18480	17764	5094
74. 30	18572	17896	4963
75	18660	18024	4830
75. 30	18446	18149	4694
76	18829	18170	4555
76. 30	18910	18387	4414
77	18988	18501	4271
77. 30	19063	18611	4126
78	19135	18717	3979
78. 30	19205	18821	3829
79	19272	18918	3677
79. 30	19334	19011	3524
80	19397	19102	3368
80. 30	19455	19188	3211
81	19511	19270	3051
81. 30	19563	19348	2892
82	19612	19421	2730
82. 30	19659	19491	2566
83	19703	79556	2401
83. 30	19744	19617	2235
84	19781	19675	2067
84. 30	19817	19726	1899
85	79848	19772	1730
35. 30	19877	19816	1560
86	19903	19854	1388
86. 30	19925	19894	1216
87	19945	19917	1044
87. 30	19963	19943	870
88	79981	19969	697
88. 30	19986	19984	522
89	19994	19990	349
89. 30	19997	19997	174
90	20000	20000	0.

Manœuvre d

TABLE des tous les Arcs d'un quart de Cercle, de de 100000 *parties.*

Arc de Cercle.		Force laterale parallaire.	Arc de Cercle.		Force laterale parallele.	Force laterale perpendiculaire.
Degrès.	Minut.	Entiers Fractions	Degrès.	Minut.	Entiers Fractions	Entiers Fractions
0.	30	c				
1			68	30	31655	26848
1.	30		69		32364	27122
2			69	30	32862	27393
2.	30	c	70		33798	27659
3			70	30	34522	27920
3.	30	c	71		35258	28176
4		c	71	30	35998	28428
4.	30	c	72		36749	28674
5			72	30	37817	28916
5.	30		73		38263	29152
6			73	30	39025	29380
6.	30		74		39809	29607
7			74	30	40576	29827
7.	30	7	75		41362	30040
8			75	30	42148	30248
8.	30		76		42947	30450
9			76	30	43723	30646
9.	30		77		44551	30835
10		23	77	30	45357	31018
10	30	27	78		46174	31195
11			78	30	46990	31365
11	30		79		47817	31529
12		47	79	30	48641	31686
12	30	55	80		49475	31837
13			80	30	50236	31980
13	30	75	81		51151	32117
14		87	81	30	51989	32247
14	30	99	82		52839	32369
15		114	82	30	53685	32485
15	30	130	83		54573	32601
16		148	83	30	55390	32694
16	30	167	84		56252	32788
17		188	84	30	57107	32875
17	30	210	85		57972	32954
18		235	85	30	58532	33026
18	30	263	86		59702	33090
19		291	86	30	60565	33147
19	30	323	87		61439	33196
20		356	87	30	62303	33238
20	30	391	88		63178	33272
21		431	88	30	64045	33299
21	30	473	89		64921	33318
22		517	89	30	65789	33329
22	30	564	90		66666	33333
23		615				

Digitized by Google

TABLE des ſituations les plus avantageuſes de la Voile d'un Vaiſſeau ; pour gagner au Vent ou pour le fuïr, l'Angle du Rumb de Vent, & de la Quille, étant donné.

Angle du Rumb de Vent & de la Ligne de la Route ou de la Quille.	Angle le plus avantageux de la Voile & de la ligne du Vent pour fuir ou gagner au Vent.		Angle le plus avantageux de la Voile, de la Quille ou de la Route, pour aller à la Bouline & tenir le Vent.		Angle du Rumb de Vent & de la Ligne, de la Route ou de la Quille.	Angle le plus avantageux de la Voile, & de la Ligne du Vent pour faire route en fuiant le Vent, ou de Vent largue.		Angle le plus avantageux de la Quille & de la Voile, pour fuir ou perdre au Vent.	
Degrès.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.
4	2	40	1	20	176	88	45	87	15
7	4	40	2	20	173	87	43	85	17
10	6	40	3	20	170	86	39	83	21
13	8	39	4	21	167	85	40	81	20
16	10	39	5	21	164	84	40	79	20
19	12	38	6	22	161	83	38	77	22
22	14	38	7	22	158	82	35	75	25
25	16	30	8	30	155	81	34	73	26
28	18	31	9	29	152	80	34	71	26
31	20	26	10	34	149	79	28	69	32
34	22	22	11	38	146	78	22	67	38
37	24	18	12	42	143	77	25	65	35
40	26	12	13	48	140	77	11	62	49
43	28	4	14	56	137	75	5	61	55
46	29	55	16	5	134	73	57	60	3
49	31	47	17	13	131	72	49	58	11
52	33	54	18	6	128	71	25	56	35
55	35	25	19	35	125	70	26	54	34
58	37	12	20	48	122	69	13	52	47
61	39		22		119	67	58	51	2
64	40	17	23	43	116	67	20	48	40
67	42	24	24	36	113	66	9	46	51
70	44	10	25	50	110	64	6	45	54
73	45	46	27	14	107	62	50	44	10
76	47	23	28	37	104	61	29	42	31
79	49	27	29	33	101	59	37	41	23
82	50	35	31	25	89	58	43	39	17
85	52	8	32	52	95	57	16	37	44
88	53	27	34	33	92	56	1	35	59
90	54	44	35	16	90	54	44	35	16

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proue fait un Angle curviligne de 20 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
41	15	0	30	41	45	817	8
23	23	1		24	23	625	17
16	37	1	30	18	7	502	26
13	10	2		15	10	461	35
10	56	2	30	13	26	412	43
9	30	3		12	30	376	52
8	29	3	30	11	59	346	61
7	45	4		11	45	326	69
7	8	4	30	11	38	302	78
6	49	5		11	49	285	87
6	27	5	30	11	57	270	95
6	15	6		12	15	256	105
6	2	6	30	12	32	244	113
5	49	7		12	49	233	122
5	38	7	30	13	8	223	131
5	29	8		13	29	214	139
5	22	8	33	13	52	205	148
5	13	9		14	13	197	157
5	6	9	30	14	36	190	165
4	57	10		14	57	183	174

Table V.

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route, & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proue fait un Angle curviligne de 25 Degrés.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.		
90		0		90		1000	0
53	55	0	30	54	25	902	8
34		1		35	53	752	17
25	23	1	30	26	53	635	26
19	39	2		21	39	567	35
15	57	2	30	18	27	506	43
14		3		17	3	468	52
12	25	3	30	15	55	433	61
11		4		15	19	405	69
10	23	4	30	14	53	381	78
9	41	5		14	41	360	87
9	8	5	30	14	38	342	95
8	42	6		14	42	325	105
8	20	6	30	14	50	311	113
8	8	7		15	8	299	122
7	46	7	30	15	16	286	131
7	32	8		15	32	275	139
7	20	8	30	15	50	265	148
7	10	9		16	10	256	157
6	56	9	30	16	26	247	165
6	50	10		16	50	239	174
6	42	10	30	17	12	231	183
6	35	11		17	35	224	191
6	26	11	30	17	56	217	200
6	17	12		18	17	211	209
6	10	12	30	18	40	205	217

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux, dont la Proue fait un Angle curviligne de 30 Degrés.

Angle de la Voile, & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile, & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.		
90		0		90		1000	0
63	26	0	30	63	56	947	8
40	58	1		41	58	860	17
34	3	1	30	35	33	741	36
27	8	2		29	8	665	25
23	25	2	30	25	55	603	43
19	27	3		22	27	556	52
17	10	3	30	20	40	517	61
14	29	4		18	29	485	69
14	19	4	30	18	49	459	78
13	7	5		18	7	434	87
12	14	5	30	17	44	413	95
11	34	6		17	34	394	105
11	3	6	30	17	33	378	113
10	32	7		17	32	362	122
10	11	7	30	17	41	349	131
9	52	8		17	52	337	139
9	33	8	30	18	3	325	148
9	17	9		18	17	314	157
9	2	9	30	18	32	304	165
8	52	10		18	52	295	174
8	40	10	30	19	10	286	183
8	29	11		19	29	278	191
8	20	11	30	19	50	270	200
8	12	12		20	12	263	209
8	3	12	30	20	33	256	217
7	54	13		20	54	249	226
7	45	13	30	21	15	248	235
7	40	14		21	46	237	243
7	30	14	30	22		231	255
7	22	15		22	22	225	261

TABLE de la ſituation de la Voile, de la Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proüe fait un Angle curviligne de 35 Degrés.

Angle de la Voile, & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile, & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.		
90		0		90		1000	0
69	56	0	30	70	26	968	8
53	51	1		54	15	894	17
42	36	1	30	44	6	817	26
35	21	2		37	21	751	35
29	26	2	30	31	56	688	43
25	28	3		28	28	639	52
22	32	3	30	26	2	598	61
20	15	4		24	15	562	69
18	23	4	30	22	53	530	78
17	7	5		22	7	505	87
15	55	5	30	21	25	482	95
14	59	6		20	59	461	105
14	11	6	30	21	41	443	113
13	30	7		20	30	426	122
12	58	7	30	20	18	411	131
12	8	8		20	8	391	139
11	50	8	30	19	50	377	148
11	41	9		20	41	372	157
11	22	9	30	20	52	360	165
11		10		21	5	350	174
10	49	10	30	21	19	340	183
10	35	11		21	35	332	191
10	22	11	30	21	52	323	200
10	10	12		22	10	314	209
9	55	12	30	22	25	306	217
9	50	13		22	50	299	226
9	40	13	30	23	10	292	235
9	30	14		23	30	285	243
9	18	14	30	23	48	279	255
9	13	15		24	13	273	261
9	4	15	30	24	37	266	269
8	56	16		24	59	261	278
8	49	16	30	25	19	256	287
8	41	17		25	41	250	295
8	33	17	30	26	3	245	304

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route, & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proüe fait un Angle curviligne de 40 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
74	16	0	30	74	46	963	8
61	58	1		62	58	937	17
50	33	1	30	52	3	874	26
42	11	2		44	11	814	35
36	22	2	30	38	52	760	43
31	49	3		34	49	612	52
28	18	3	30	31	48	670	61
25	29	4		29	29	633	69
23	14	4	30	27	44	602	78
21	28	5		26	28	574	87
19	58	5	30	25	28	549	95
18	44	6		24	44	527	105
17	43	6	30	24	13	506	113
16	50	7		23	50	488	122
16	4	7	30	23	34	471	131
15	25	8		23	25	456	139
14	50	8	30	23	20	442	148
14	21	9		23	21	428	157
13	55	9	30	23	25	416	165
13	27	10		23	27	404	174
13	11	10	30	23	41	394	183
12	51	11		23	51	384	191
12	35	11	30	24	5	374	200
12	18	12		24	18	365	209
12	5	12	30	24	35	356	217
11	56	13		24	56	348	226
11	53	13	30	25	23	341	235
11	29	14		25	29	334	243
11	17	14	30	25	47	326	255
11	9	15		26	9	319	261
10	58	15	30	26	28	313	269
10	55	16		26	55	307	278
10	39	16	30	27	9	301	287
10	31	17		27	31	295	295
10	22	17	30	27	52	289	304
10	15	18		28	15	285	313
10	6	18	30	28	36	279	321
9	53	19		28	53	274	330
9	32	19	30	29	2	267	339
9	41	20		29	41	264	347

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proüe fait un Angle curviligne de 45 Degrés.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.		
90		0		90		1000	0
78	5	0	30	78	35	988	8
66	33	1		67	33	956	17
57		1	30	58	30	912	26
49	16	2		51	16	864	35
43	6	2	30	45	36	817	43
37	59	3		40	59	772	52
34	11	3	30	37	41	726	61
31	2	4		35	2	699	69
28	23	4	30	32	53	666	78
25	27	5		30	27	630	87
23	46	5	30	29	16	606	95
22	19	6		28	19	583	105
21	7	6	30	27	37	563	113
20	4	7		27	4	544	122
19	4	7	30	26	34	525	131
18	23	8		26	23	510	139
17	41	8	30	26	11	495	148
17	4	9		26	4	481	157
16	30	9	30	26		466	165
15	59	10		25	59	447	174
15	54	10	30	26	24	435	183
15	30	11		26	30	425	191
15	10	11	30	26	40	415	200
14	45	12		26	45	405	209
14	34	12	30	27	4	397	217
14	25	13		27	25	390	226
14	4	13	30	27	34	381	235
13	51	14		27	51	373	243
13	38	14	30	28	8	365	255
13	27	15		28	27	359	261
13		16		29		345	278
12	45	17		29	45	333	295
12	27	18		30	27	322	313
12	9	19		31	9	311	330
11	52	20		32	52	301	347
11	35	21		32	35	292	364
11	18	22		33	18	183	382
10	50	23		33	50	280	399
10	23	24		34	23	271	416
9	59	25		36	59	260	433

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux, dont la Proüe fait un Angle curviligne de 50 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Voile & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
80	4	0	30	80	34	992	8
70	46	1		71	46	970	17
63	26	1	30	63	56	939	26
57	18	2		57	18	901	35
49	15	2	30	51	45	863	43
42	50	3		45	50	816	52
40	4	3	30	43	34	789	61
36	33	4		40	33	756	69
33	38	4	30	38	8	725	78
31	6	5		36	6	694	87
29	1	5	30	34	31	669	95
27	17	6		33	17	646	105
25	46	6	30	32	16	610	113
24	23	7		31	23	604	122
23	14	7	30	30	44	586	131
21	54	8		29	54	569	139
21	22	8	30	29	52	552	148
20	30	9		29	30	538	157
19	47	9	30	29	17	523	165
19	10	10		29	10	510	174
18	36	10	30	29	6	497	183
18	2	11		29	2	487	191
17	37	11	30	29	7	475	200
17	11	12		29	11	464	209
16	48	12	30	29	18	454	217
16	47	13		29	47	447	226
16	8	13	30	29	38	436	235
15	45	14		29	45	426	243
15	32	14	30	30	2	419	255
15	18	15		30	18	411	261
14	49	16		30	49	397	278
14	24	17		31	34	383	295
14	2	18		32	2	370	313
13	41	19		32	41	359	330
13	21	20		33	21	347	247
13	3	21		34	3	337	364
12	49	22		34	49	327	382
12	28	23		35	28	318	399
12	10	24		36	10	310	416
11	52	25		36	52	301	433
11	36	26		37	36	293	450
11	18	27		38	18	286	467
11	12	28		39	12	279	484
10	43	29		39	43	272	501
10	25	30		40	25	265	518

TABLE de la ſituation de la Voile, Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proüe fait un Angle curviligne de 55 Degrés.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Quille & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.	Degrés.	Minut.		
90		0		90		1000	0
81	52	0	30	82	22	995	8
74	5	1		75	5	979	17
66	51	1	30	68	22	957	26
60	24	2		62	24	928	35
54	43	2	30	57	13	898	43
49	51	3		52	51	868	52
45	37	3	30	49	7	835	61
41	59	4		45	59	804	69
38	51	4	30	43	21	775	78
36	11	5		41	11	749	87
32	35	5	30	39	5	725	95
31	54	6		37	54	699	105
30	5	6	30	36	35	678	113
28	31	7		35	31	658	122
27	10	7	30	34	40	639	131
25	56	8		33	56	620	139
25	3	8	30	33	33	606	148
23	58	9		32	58	588	157
23	6	9	30	32	36	574	165
22	20	10		32	20	560	174
21	39	10	30	32	9	548	183
21		11		32		535	191
20	21	11	30	31	51	523	200
19	55	12		31	55	512	209
19	27	12	30	31	57	501	217
19		13		32		492	226
18	37	13	30	32	7	483	235
18	15	14		32	15	474	243
17	54	14	30	32	24	465	255
17	37	15		32	37	457	261
17		16		33		441	278
16	30	17		33	30	426	295
16	14	18		34	14	416	313
15	38	19		34	38	401	330
15	16	20		35	16	389	347
14	47	21		35	47	378	364
14	35	22		36	35	368	382
13	51	23		36	51	359	399
13	57	24		37	57	349	416
13	39	25		38	39	340	433
13	21	26		39	21	331	450
13	4	27		40	4	323	467
12	4	28		40	46	316	484
12	2	29		41	28	309	501
13	6	30		43	6	300	518

Digitized by Google

TABLE de la ſituation de la Voile, de la Derive, Route & Viteſſe des Vaiſſeaux dont la Proüe fait un Angle curviligne de 60 Degrès.

Angle de la Voile & de la Quille.		Derive ou Angle de la Voile & de la Route.		Angle de la Voile & de la Route.		Raport des Viteſſes.	Quantité de la Derive.
Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.	Degrès.	Minut.		
90		0		90		1000	0
83	15	0	30	83	45	997	8
76	38	1		77	38	986	17
70	26	1	30	71	56	969	26
64	40	2		66	40	948	35
59	31	2	30	62	1	923	43
54	38	3		57	38	900	52
50	47	3	30	54	17	970	61
47	7	4		51	7	844	69
44	4	4	30	48	34	817	78
41	7	5		46	7	794	87
38	38	5	30	44	8	770	95
36	39	6		42	39	749	105
34	31	6	30	41	1	727	113
32	48	7		39	48	707	122
31	16	7	30	38	46	688	131
29	50	8		37	56	670	139
28	41	8	30	37	11	654	148
27	28	9		36	28	636	157
26	35	9	30	36	5	623	165
25	42	10		35	42	609	174
24	51	10	30	35	21	695	183
24	9	11		35	9	583	191
23	28	11	30	34	58	571	200
22	51	12		34	51	559	209
22	19	12	30	34	49	548	217
21	45	13		34	45	538	226
21	12	13	30	34	42	528	235
20	46	14		34	46	518	243
20	24	14	30	34	54	510	255
20	2	15		35	2	501	261
19	20	16		35	20	485	278
18	47	17		35	47	469	295
18	11	18		36	11	455	313
17	42	19		36	42	442	330
17	15	20		37	15	429	247
16	51	21		37	51	417	364
16	29	22		38	29	407	382
16	19	23		39	19	396	399
15	46	24		39	46	387	416
15	27	25		40	27	378	433
15	8	26		41	8	369	450
14	49	27		41	49	361	467
14	28	28		42	28	353	484
14	13	29		43	13	345	501
13	54	30		43	54	338	518

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Proüe curviligne de 20 Degr.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du vent ou de la Quille.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D	M.	D	M.	D.	M.	D.		M.	D.	M.	D.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		88	15	88	45	0		176	995	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	987	54	44	54	44
		170		73	21	86	39	0		170	980	54	44	54	44
	1	167		81	20	85	40	0		167	972	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	965	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	958	54	44	54	44
		158		75	25	82	35	0		158	951	54	44	54	44
	2	155		73	26	81	34	0		155	944	54	44	54	44
		152		71	26	80	34	0		152	937	54	44	54	44
		149		69	32	79	28	0		149	930	54	44	54	44
		146		57	38	78	22	0		146	923	54	44	54	44
	3	143		65	35	77	25	0		143	916	54	44	54	44
		140		62	40	77	11	0		140	909	54	44	54	44
		137		61	55	75	5	0		137	902	54	44	54	44
	4	134		60	3	73	57	0		134	895	54	44	54	44
		131		58	11	72	49	0		131	887	54	44	54	44
		128		56	35	71	25	0		128	880	54	44	54	44
		125		54	34	70	26	0		125	873	45	44	54	44
	5	122		52	47	69	13	0		122	866	45	44	54	44
		119		51	2	67	58	0		119	859	54	44	54	44
		116		48	40	67	20	0		116	852	54	44	54	44
	6	113		46	51	66	9	0		113	845	54	44	54	44
		110		45	54	64	6	0		110	838	54	44	54	44
		107		44	10	62	50	0		117	831	54	44	54	44
	7	104		42	31	61	29	0		114	824	54	44	54	44
		101	30	41	23	59	37	0	30	101	817	55	14	54	44
		99		39	17	58	43	1		98	808	55	44	53	44
		96		37	44	57	16	1		95	800	55	44	53	44
		93		35	59	56	1	1		92	790	55	44	53	44
		91		35	16	45	44	1		90	780	55	44	53	44
	8	89		34	33	53	27	1		88	760	55	44	53	44
		86		32	52	52	8	1		85	754	55	44	53	44
		83		31	25	50	35	1		82	740	55	44	53	44
		80		29	33	49	27	1		79	724	55	44	53	44
	9	77		28	37	47	23	1		76	710	55	24	53	44
		74		27	14	45	46	1		73	696	55	24	53	44
		71		25	50	44	10	1		70	682	55	44	53	44
		68		24	36	22	24	1		67	668	55	44	53	44
	10	65		23	43	40	17	1		64	654	55	44	53	44
Vent de Bouline.		62	30	22		39		1	30	61	640	56	14	53	14
		59	30	20	48	37	12	1	30	58	625	56	14	53	14
	11	56	30	19	35	35	25	1	30	55	598	56	14	53	14
		53	30	18	6	33	54	1	30	52	570	56	14	53	14
		50	30	17	13	31	47	1	30	49	542	56	14	53	14
	12	47	30	16	5	29	55	1	30	46	515	56	14	53	14
		44	30	14	56	28	4	1	30	43	488	56	14	53	14
		42		13	48	26	12	2		40	461	56	44	52	44
		39		12	42	24	18	2		37	446	56	44	52	44
		36		11	38	22	22	2		34	428	50	44	52	44
	13	33	30	10	34	20	26	2	30	31	412	57	14	52	14
		31		9	29	18	31	3		28	476	57	44	51	44
		28	30	8	30	16	30	3	30	25	346	58	14	51	14
		26	30	7	22	14	38	4	30	22	302	59	14	50	14
		24	30	6	22	12	38	5	30	19	270	60	14	64	14

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Prouë curviligne de 25 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route, & de la Quille.		Angle du Rumb de vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent derriere.	
		D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.		D.	M.	D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	45	44
		176		87	14	88	45	0		176	995	54	44	45	44
		173		85	17	87	43	0		173	990	54	44	45	44
	1	170		83	21	86	39	0		170	985	54	44	45	44
		167		81	20	85	40	0		167	980	54	44	45	44
		164		79	20	84	40	0		164	975	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	970	54	44	54	44
		158		75	25	82	35	0		158	965	54	44	54	44
	2	155		73	26	81	34	0		155	959	54	44	54	44
		152		71	26	80	34	0		152	954	54	44	54	44
		149		69	32	79	28	0		149	949	54	44	54	44
	3	146		67	38	78	22	0		146	944	54	44	54	44
		143		65	35	77	25	0		143	938	54	44	54	44
		140		62	40	77	11	0		140	932	54	44	54	44
		137		61	55	75	5	0		137	926	54	44	54	44
	4	134		60	3	73	57	0		134	920	54	44	54	44
		131		58	11	72	49	0		131	914	54	44	54	44
		128		56	35	71	25	0		128	908	54	44	54	44
		125	30	54	34	70	26	0	30	125	902	55	14	54	14
	5	122	30	52	47	69	13	0	30	122	898	55	14	54	14
		119	30	51	2	67	58	0	30	119	886	55	14	54	14
		116	30	48	40	67	20	0	30	116	876	55	14	54	14
	6	113	30	46	51	66	9	0	30	113	855	55	14	54	14
		110	30	45	54	64	6	0	30	110	843	55	14	54	14
		107	30	44	10	62	50	0	30	107	832	55	14	54	14
		104	30	42	31	61	29	0	30	104	820	55	14	54	14
	7	101	30	41	23	59	37	0	30	101	809	55	14	54	14
		98	30	39	17	58	43	0	30	98	797	55	14	54	14
		95	30	37	44	57	16	0	30	95	786	55	14	54	14
		92	30	35	50	56	1	0	30	92	774	55	14	54	14
	8	90	30	35	10	54	44	0	30	90	763	55	14	54	14
		88	30	34	33	53	27	0	30	88	752	55	14	54	14
		86		32	52	52	8	1		85	721	55	44	53	44
		83		31	25	50	35	1		82	692	55	44	53	44
		80		29	33	49	27	1		79	673	55	44	53	44
	9	77		28	37	47	23	1		76	654	55	44	53	44
		74		27	14	45	46	1		73	635	55	44	53	44
		71	30	25	50	44	10	1	30	70	618	56	14	53	14
	10	68	30	24	36	42	24	1	30	67	601	56	14	53	14
		65	30	23	43	40	17	1	30	64	584	56	14	53	14
Vent de Bouline.		62	30	22		39		1	30	61	567	56	14	53	4
		59	30	20	48	37	12	2		58	546	56	44	52	44
		57		19	35	35	25	2		55	526	56	44	52	44
	11	54	30	18	6	33	54	2		52	506	56	44	52	44
		51	30	17	13	31	47	2	30	49	494	57	14	52	14
		48	30	16	5	29	55	2	30	46	481	57	14	52	14
	12	45	30	14	56	28	4	2	30	43	469	57	14	52	14
		43		13	48	26	12	3		40	433	57	44	51	44
		40	30	12	42	24	18	3	30	37	405	58	14	51	14
		38		11	38	22	22	4		34	381	58	44	50	44
		35	30	10	34	20	26	4	30	31	360	59	14	51	14
	13	33		9	29	18	31	5		28	311	59	44	49	44
		31	30	8	30	16	30	6	30	25	256	60	14	48	14

Vent largue.

TABLE de la Manœvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Proüe curviligne de 30 Degrès.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du Rumb de Vent & de la Quille.	Raport des Vitesses.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer vent arriere.	
		D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.		D.	M.	D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	996	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	992	54	44	54	44
		170		83	21	86	39	0		170	988	54	44	54	44
	1	167		81	20	85	40	0		167	984	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	980	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	976	54	44	54	44
		158		75	25	82	35	0		158	972	54	44	54	44
	2	155		73	26	81	34	0		155	968	54	44	54	44
		152		71	26	80	34	0		152	964	54	44	54	44
		149		69	32	79	28	0		149	960	44	44	54	44
	3	146		67	38	78	22	0		146	956	44	44	54	44
		143		65	35	77	25	0		143	952	44	44	54	44
		140	30	62	40	77	11	0	30	140	947	55	14	54	14
		137	30	61	55	75	5	0	30	137	938	55	14	54	14
	4	134	30	60	3	73	57	0	30	134	932	55	14	54	14
		131	30	58	11	72	49	0	30	131	926	55	14	54	14
		128	30	56	35	71	25	0	30	128	920	55	14	54	14
	5	125	30	54	34	70	26	0	30	125	914	55	14	54	14
		122	30	52	47	69	13	0	30	122	908	55	14	54	14
		120		51	2	67	58	1		119	902	55	44	53	44
		117		48	40	67	20	1		116	895	55	44	53	44
		114		46	51	66	9	1		113	888	55	44	53	44
	6	111		45	54	64	6	1		110	881	55	44	53	44
		108		44	10	62	50	1		107	874	55	44	53	44
		105		42	31	61	29	1		104	867	55	44	53	44
		102		41	23	59	27	1		101	860	55	44	53	44
	7	99	30	39	17	58	43	1	30	98	837	56	14	53	14
		96	30	37	44	57	16	1	30	95	810	56	14	53	14
		93	30	35	59	56	1	1	30	92	785	56	14	53	14
	8	91	30	35	16	54	44	1	30	90	766	56	14	53	14
		89	30	34	33	53	27	1	30	88	741	56	4	53	14
		87		32	52	52	8	2		85	726	56	44	52	44
		84		31	25	50	35	2		82	711	56	44	52	44
		81		29	33	49	27	2		79	696	56	44	52	44
		78		28	37	47	25	2		76	680	56	44	52	44
		75		27	14	45	46	2		73	665	56	44	52	44
		72	30	25	50	44	10	2	30	70	646	57	14	52	14
		69	30	24	36	42	24	2	30	67	625	57	14	52	14
	10	66	30	23	43	40	17	2	30	64	603	57	14	52	14
Vent de Bouline.		64		22		39		3		61	588	57	44	51	44
		61		20	48	37	12	3		58	572	57	44	51	44
		58		19	35	35	25	3		55	556	57	44	51	44
	11	55	30	18	6	33	54	3	30	52	535	58	14	51	14
		52	30	17	13	31	47	3	30	49	517	58	14	51	14
		50		16	5	29	55	4		46	501	58	44	50	44
		47		14	56	28	4	4		43	485	58	44	50	44
	12	44	30	13	48	26	12	4	30	40	459	59	14	50	14
		42		12	42	24	18	5		37	434	59	44	49	44
		40		11	38	22	22	6		34	394	60	44	48	44
		38		10	34	20	26	7		31	362	61	44	47	44
		36	30	9	29	18	31	8	30	28	325	63	14	46	14

Vent largue.

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Prouë curviligne de 35 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile, & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du Rumb de Vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D		D.	M.	D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	998	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	996	54	44	54	44
	1	170		83	21	86	39	0		170	993	54	44	54	44
		167		81	20	85	40	0		167	990	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	986	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	983	54	44	54	44
	2	158		75	25	82	35	0		158	980	54	44	54	44
		155		73	26	81	34	0		155	976	54	44	54	44
		152		71	25	80	34	0		152	972	54	44	54	44
		149	30	69	32	79	28	0	30	149	968	55	14	54	14
	3	146	30	67	38	78	22	0	30	146	960	55	14	54	14
		143	30	65	35	77	25	0	30	143	952	55	14	54	14
		141		62	40	77	11	1		140	944	55	44	53	44
		138		61	55	75	5	1		137	936	55	44	53	44
	4	135		60	3	73	57	1		134	928	55	44	53	44
		132		58	13	72	49	1		131	920	55	44	53	44
		129		56	35	71	25	1		128	911	55	44	53	44
		126		54	34	70	26	1		125	902	55	44	53	44
	5	123		52	47	69	13	1		122	894	55	44	53	44
		120		51	2	67	58	1		119	883	55	44	53	44
		117		48	40	67	20	1		116	870	55	44	53	44
	6	114	30	46	51	66	9	1	30	113	856	56	14	53	14
		111	30	45	54	64	6	1	30	110	843	56	14	53	14
		108	30	44	10	62	50	1	30	107	830	56	14	53	14
		105	30	42	31	61	29	1	30	104	817	56	14	53	14
	7	102	30	41	23	59	37	1	30	101	804	56	14	53	14
		100		39	17	58	43	2		98	791	56	44	52	44
		97		37	44	57	16	2		95	778	56	44	52	44
		94		35	59	56	1	2		92	764	56	44	52	44
		92		35	16	54	44	2		90	751	56	44	52	44
	8	90		34	33	53	27	2		88	736	56	44	52	44
		87	30	32	52	52	8	2	30	85	720	57	14	52	14
		84	30	31	25	50	35	2	30	82	704	57	14	52	14
		81	30	29	33	49	27	2	30	79	688	57	14	52	14
	9	78	30	28	37	47	23	2	30	76	677	57	14	52	14
		76		27	14	45	46	3		73	665	57	44	51	44
		73		25	50	44	10	3		70	652	57	44	51	44
		70		24	36	42	24	3		67	639	57	44	51	44
	10	67	30	23	43	40	12	3	30	64	618	58	14	51	14
Vent de Bouline.		64	30	22		39		3	30	61	598	58	14	51	14
		62		20	48	37	12	4		58	562	58	44	50	44
		59	30	19	35	35	25	4	30	55	548	59	14	50	14
	11	56	30	18	6	33	54	4	30	52	530	59	14	50	14
		54		17	13	31	47	5		49	505	59	44	49	44
		51	30	16	5	29	55	5	30	46	482	60	14	49	14
		49		14	56	28	4	6		43	461	60	44	48	44
	12	47		13	48	26	12	7		40	426	61	44	47	44
		44		12	42	24	18	7	30	37	411	62	14	47	14
		43		11	38	22	22	9		34	372	63	44	45	44
		42	30	10	34	20	26	11		31	332	65	44	43	44

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Proüe curviligne de 40 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du vent ou de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D	M.	D	M.	D.	M.	D.		M.	D.	M.	D.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		88	15	88	45	0		176	996	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	990	54	44	54	44
		170		73	21	86	39	0		170	985	54	44	54	44
	1	167		81	20	85	40	0		167	980	54	44	54	44
		164		79	20	84	40	0		164	974	54	44	54	44
		161		77	22	83	38	0		161	968	54	44	54	44
		158	30	75	25	82	35	0	30	158	963	55	14	54	14
	2	155	30	73	26	81	34	0	30	155	961	55	14	54	14
		152	30	71	26	80	34	0	30	152	958	55	14	54	14
		149	30	69	32	79	28	0	30	149	954	55	14	54	14
		147		67	38	78	22	1		146	950	55	44	53	44
	3	144		65	35	77	25	1		143	945	55	44	53	44
		141		63	40	77	11	1		140	941	55	44	53	44
		138		61	55	75	5	1		137	937	55	44	53	44
	4	135		60	3	73	57	1		134	926	55	44	53	44
		132		58	11	72	49	1		131	916	55	44	53	44
		129	30	56	35	71	25	1	30	128	906	56	14	53	14
	5	126	30	54	34	70	26	1	30	125	896	56	14	53	14
		123	30	52	47	69	13	1	30	122	885	56	14	53	14
		120	30	51	2	67	58	1	30	119	874	56	14	53	14
		117	30	48	40	67	20	1	30	116	862	56	14	53	14
	6	115		46	51	66	9	2		113	850	56	44	52	44
		112		45	54	64	6	2		110	837	56	44	52	44
		109		44	10	62	50	2		107	825	56	44	52	44
		106		42	31	61	29	2		104	812	56	44	52	44
	7	103		41	23	59	37	2		101	790	57	44	52	44
		100	30	39	17	58	43	2	30	98	784	57	14	52	14
		97	30	37	44	57	16	2	30	95	772	57	14	52	14
		94	30	35	59	56	1	2	30	92	760	57	14	52	14
		92	30	35	16	54	44	2	30	90	754	57	44	52	14
	8	91		34	33	53	27	3		88	738	57	44	51	44
		88		32	52	52	8	3		85	712	57	44	51	44
		85		31	25	50	35	3		82	697	57	44	51	44
		82		29	33	49	27	3		79	683	57	24	51	44
	9	79	130	28	37	47	23	3	30	76	670	58	14	51	14
		76		27	14	45	16	3	30	73	657	58	14	51	14
		74		25	50	44	10	4		70	633	58	44	50	44
		71	30	24	36	42	24	4		67	617	58	44	50	44
	10	68	30	23	43	40	17	4	30	64	602	59	14	50	14
Vent de Bouline.		65		22		39		5		61	588	59	44	49	44
		62	30	20	48	37	12	5	30	58	574	60	14	49	14
		60	30	19	35	35	25	5	30	55	549	60	14	49	14
		58	30	18	6	33	54	6	30	52	506	61	14	48	14
	11	56		17	13	31	47	7		49	488	61	44	47	44
		53	30	16	5	29	55	7	30	46	471	62	14	47	44
		51	30	14	56	28	4	8	30	43	442	63	14	46	14
		49	30	13	48	26	12	9	30	40	416	64	14	45	14
		48	30	12	42	24	18	11	30	37	374	66	14	43	14

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Proüe curviligne de 45 Degrès.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route, & de la Quille.		Angle du Rumb de vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent levant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.		D.	M.	D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	45	44
		176		87	14	88	45	0		176	999	54	44	45	44
		173		85	17	87	43	0		173	996	54	44	45	44
		170		83	21	86	39	0		170	993	54	44	45	44
		167		81	20	85	40	0		167	990	54	44	45	44
		164	30	79	20	84	40	0	30	164	988	55	14	54	14
		161	30	77	22	83	38	0	30	161	983	55	14	54	14
		158	30	75	25	82	35	0	30	158	978	55	14	54	14
	2	156		73	26	81	34	1		155	973	55	44	53	44
		153		71	26	80	34	1		152	968	55	44	53	44
		150		69	32	79	28	1		149	962	55	44	53	44
	3	147		67	38	78	22	1		146	956	55	44	53	44
		144		65	35	77	25	1		143	954	55	44	53	44
		141	30	62	40	77	11	1	30	140	937	56	14	53	14
		138	30	61	55	75	5	1	30	137	929	56	14	53	14
	4	135	30	60	3	73	57	1	30	134	921		14	53	44
		132	30	58	11	72	49	1	30	131	912	56	14	53	44
		130		56	35	71	25	2		128	900	56	44	52	14
		127		54	34	70	26	2		125	888	56	44	52	14
		124		52	47	69	13	2		122	876	56	44	52	14
	5	121		51	2	67	58	2		119	864	56	44	52	44
		118		48	40	67	20	2		116	852	56	44	52	44
		115	30	46	51	66	9	2	30	113	842	57	14	52	14
	6	112	30	45	54	64	6	2	30	110	829	57	14	52	14
		109	30	44	10	62	50	2	30	117	817	57	14	52	14
		106	30	42	31	61	29	2	30	114	806	57	14	52	14
		104		41	23	59	37	3		101	794	57	44	51	44
	7	101		39	17	58	43	3		98	783	57	44	51	44
		98		37	44	57	16	3		95	772	57	44	51	44
		95		35	59	56	1	3		92	756	57	44	51	44
		93	30	34	16	54	44	3	30	90	740	58	14	51	14
	8	91	30	34	33	53	27	3	39	88	726	58	14	51	14
		89		32	52	52	8	4		85	712	58	44	50	44
		86		31	25	50	35	4		82	699	58	44	50	44
		83		29	33	49	27	4		79	682	58	44	50	44
		80	30	28	37	47	23	4	30	76	666	59	14	50	44
	9	77	30	27	14	45	46	4	30	73	648	59	14	50	44
		75		25	50	44	10	5		70	630	59	44	46	54
		72		24	36	42	24	5		67	618	59	44	49	44
		69	30	23	43	40	17	5	30	64	606	60	14	49	14
	10	67	30	22		39		6	30	61	563	61	14	48	14
Vent de Bouline.		65		20	48	37	12	7		58	544	61	44	47	44
		62	30	19	35	35	25	7	30	55	525	62	14	47	14
		60		18	6	33	54	8		52	510	62	44	46	44
		58		17	13	31	47	9		49	481	63	44	45	44
	11	56		16	5	29	55	10		46	447	64	44	44	44
		55		14	56	28	4	12		43	405	66	44	42	44
		54		13	48	26	22	14		40	473	69	14	40	14

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuse des Vaisseaux à Proüe curviligne de 50 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route, & de la Quille.		Angle du Rumb de vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D.	M.	D.	M.	D.	M.	D		D.	M	D.	M.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	998	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	996	54	44	54	44
	1	170	30	83	21	86	39	0	30	170	994	55	14	54	14
		167	30	81	20	85	40	0	30	167	992	55	14	54	14
		164	30	79	20	84	40	0	30	164	984	55	14	54	14
		161	30	77	22	83	38	0	30	161	980	55	14	54	14
	2	159		75	25	82	35	1		158	976	55	44	53	44
		156		73	26	81	34	1		155	974	55	44	53	44
		153		71	26	80	34	1		152	970	55	44	53	44
		150		69	32	79	28	1		149	968	55	44	53	44
	3	147	30	67	38	78	22	1	30	146	958	56	14	53	14
		144	30	65	35	77	25	1	30	143	948	56	14	53	14
		141	30	62	40	77	11	1	30	140	939	56	14	53	14
		138	30	61	55	75	5	1	30	137	929	56	14	53	14
	4	136		60	3	73	57	2		134	920	56	44	52	44
		133		58	11	72	49	2		131	910	56	44	52	44
		130		56	35	71	25	2		128	901	56	44	52	44
		127		54	34	70	26	2		125	890	56	44	52	44
	5	124	30	52	47	69	13	2	30	122	881	57	14	52	14
		121	30	51	2	67	58	2	30	119	872	57	14	52	14
		118	30	48	40	67	20	2	30	116	863	57	14	52	14
		115	30	46	51	66	9	2	30	113	852	57	14	52	14
	6	113		45	54	64	6	3		110	840	57	44	51	44
		110		44	10	62	50	3		107	828	57	44	51	44
		107		42	31	61	29	3		104	816	57	44	51	44
		104	30	41	23	59	37	3	30	101	789	58	14	51	14
	7	101	30	39	17	58	43	3	30	98	778	58	14	51	14
		99		37	44	57	16	4		95	767	58	44	50	44
		96		35	50	56	1	4		92	756	58	44	50	44
		94		35	10	54	44	4		90	745	58	44	50	44
		92	30	34	33	53	27	4	30	88	735	59	14	50	14
	8	89	30	32	52	52	8	4	30	85	725	59	14	50	14
		87		31	25	50	35	5		82	694	59	44	49	44
		84		29	33	49	27	5		79	681	59	44	49	44
		81	30	28	37	47	23	5	30	76	669	60	14	49	14
	9	79		27	14	45	46	6		73	646	60	44	48	44
		76	30	25	50	44	10	6	30	70	610	61	14	48	14
Vent de Bouline.		74		24	36	42	24	7		67	604	61	44	47	44
		71	30	23	43	40	17	7	30	64	586	62	14	47	14
		69		22		39		8		61	569	62	44	46	44
	10	67		20	48	37	12	9		58	538	63	44	45	44
		64	30	19	35	35	25	9	30	55	523	64	14	45	44
		63		18	6	33	54	11		52	487	65	44	43	44
		61		17	13	32	47	12		49	464	66	44	42	44
		59	30	16	5	29	65	13	30	46	436	68	14	41	14

Digitized by Google

TABLE pour la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Proüe curviligne de 40 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.		Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.		Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.		Derive ou Angle de la Route & de la Quille.		Angle du vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.		Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent arriere.	
		D.	M.	D.	M.	D	M.	D.	M.	D.		M.	D.	M.	D.
Vent arriere.		180		90		90		0		180	1000	54	44	54	44
		176		87	15	88	45	0		176	999	54	44	54	44
		173		85	17	87	43	0		173	998	54	44	54	44
		170		83	21	86	39	0	30	170	996	55	14	54	24
	1	167		81	20	85	40	0	30	167	995	55	14	54	14
		164		79	20	84	40	0	30	164	991	55	14	54	14
		162		77	22	83	38	1		161	987	55	44	53	44
		159		75	25	82	35	1		158	983	55	44	53	44
	2	156		73	26	81	34	1		155	979	55	44	53	44
		153		71	26	80	34	1		152	971	55	44	53	44
		150		69	32	79	28	1		149	964	55	44	53	44
		147	30	67	38	78	22	1	30	146	957	56	14	53	14
	3	144	30	65	35	77	25	1	30	143	951	56	14	53	14
		142		62	40	77	11	2		140	943	56	44	52	44
		139		61	55	75	5	2		137	935	56	44	52	44
		136		60	3	73	57	2		134	928	56	44	52	44
	4	133	30	58	11	72	49	2	30	131	918	57	14	52	14
		130	30	56	35	71	25	2	30	128	908	57	14	52	14
		127	30	54	34	70	26	2	30	125	898	57	14	52	14
	5	125		52	47	69	13	3		122	883	57	44	51	44
		122		51	2	67	58	3		119	868	57	44	51	44
		119		48	40	67	20	3		116	857	57	44	51	44
		116	30	46	51	66	9	3	30	113	846	58	14	51	14
	6	113	30	45	54	64	6	3	30	110	835	58	14	51	14
		111		44	10	62	50	4		107	820	58	44	50	44
		108		42	31	61	29	4		104	804	58	44	50	44
		105	30	41	23	59	37	4	30	101	795	59	14	50	14
	7	102	30	39	17	58	43	4	30	98	785	59	14	50	14
		99	30	37	44	57	16	4	30	95	775	59	14	50	14
		97		35	59	56	1	5		92	749	59	44	49	44
		95		35	16	54	44	5		90	741	59	44	49	44
		93	30	34	33	53	27	5	30	88	733	60	14	49	14
	8	90	30	32	52	52	8	5	30	85	725	60	14	49	14
		88		31	25	50	35	6		82	699	60	44	48	44
		85	30	29	33	49	27	6	30	79	678	61	14	48	14
		83		28	37	47	23	7		76	658	61	44	47	44
		80	30	27	14	45	46	7	30	73	639	62	14	47	14
	9	78		25	50	44	10	8		70	620	62	44	46	44
Vent de Bouline.		75	30	24	36	42	24	8	30	67	606	63	14	46	14
		73		23	43	40	17	9		64	588	63	44	45	44
		71		22		39		10		61	560	64	44	44	44
		69		20	48	37	12	11		58	535	65	44	43	44
		67	30	19	35	35	25	12	30	55	502	67	14	42	14
	10	96		18	6	33	54	14		52	474	68	44	40	44
		65		17	13	31	47	16		49	441	70	44	39	44
		64		16	5	29	55	18		46	416	72	44	36	44

Digitized by Google

TABLE de la Manœuvre la plus avantageuſe des Vaiſſeaux à Proüe curviligne de 60 Degrés.

VOILURES.	Quart de Rumb.	Angle du Rumb de Vent, & de la Route.	Angle le plus avantageux de la Voile & de la Quille.	Angle le plus avantageux de la Voile & du Vent.	Derive ou Angle de la Route & de la Quille.	Angle du Rumb de Vent & de la Quille.	Raport des Viteſſes.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer Vent devant.	Angle le plus avantageux du gouvernail pour virer vent arriere.
		D. M.	D. M.	D. M.	D. M.	D.		D. M.	D. M.
Vent arriere.		180	90	90	0	180	1000	54 44	54 44
		176	87 15	88 45	0	176	999	54 44	54 44
		173	85 17	87 43	0	173	998	54 44	54 44
		170	83 21	86 39	0 30	170	997	55 14	54 14
	1	167	81 20	85 40	0 30	167	995	55 14	54 14
		164 30	79 20	84 40	0 30	164	992	55 14	54 14
		162	77 22	83 38	1	161	989	55 44	53 44
		159	75 25	82 35	1	158	986	55 44	53 44
	2	156	73 26	81 34	1	155	981	55 44	53 44
		153	71 26	80 34	1	152	975	55 44	53 44
		150 30	69 32	79 28	1 30	149	969	56 14	53 14
	3	147 30	67 38	78 22	1 30	146	958	56 14	53 14
		145	65 35	77 25	2	143	948	56 44	52 44
		142	62 40	77 11	2	140	939	56 44	52 44
		139	61 55	75 5	2	137	931	56 44	52 44
	4	136 30	60 3	73 57	2 30	134	923	57 14	52 14
		133 30	58 11	72 49	2 30	131	915	57 14	52 14
		130 30	56 35	71 25	2 30	128	907	57 14	52 14
		128	54 34	70 26	3	125	900	57 44	51 44
		125	52 47	69 13	3	122	885	57 44	51 44
	5	122 30	51 2	67 58	3 30	119	870	58 14	51 14
		119 30	48 40	67 20	3 30	116	857	58 14	51 14
		117	46 51	66 9	4	113	844	58 44	50 44
	6	114	45 54	64 6	4	110	830	58 44	50 44
		111 30	44 10	62 50	4 30	107	817	59 14	50 14
Vent largue.		108 30	42 31	61 29	4 30	104	806	59 14	50 14
		106	41 23	59 37	5	101	794	59 44	49 44
		103	39 17	58 43	5	98	782	59 44	49 44
	7	100 30	37 44	57 16	5 30	95	770	60 14	49 14
		98	35 59	56 1	6	92	754	60 44	48 44
		96	35 16	54 44	6	90	749	60 44	48 44
		94 30	34 33	53 27	6 30	88	727	61 14	48 14
		92	32 52	52 8	7	85	707	61 44	47 44
	8	89 30	31 25	50 35	7 30	82	688	62 44	47 14
		87	29 33	49 27	8	79	670	62 44	46 44
		84 30	28 37	47 23	8 30	76	654	63 14	46 14
		82	27 14	45 46	9	73	636	63 44	45 44
Vent de Bouline.	9	80	25 50	44 10	10	70	609	64 44	44 44
		77 30	24 36	42 24	10 30	67	595	65 14	44 14
		75 30	23 43	40 17	11 30	64	571	66 14	43 14
		73 30	22	39	12 30	61	548	67 14	42 14
		72	20 48	37 12	14 30	58	518	69 14	40 14
		71	19 35	35 25	16	55	485	70 44	37 44
		70	18 6	33 54	18	52	455	72 44	36 44
		69	17 13	31 47	20	49	429	74 44	34 44

Comme nous avons beſoin dans les réſolutions de la plûpart des Problêmes de la Manœuvre du Sinus, des Angles & des Tangentes pour le Problême 4. nous ajoutons ici une petite Table des Sinus & des Tangentes des Dégrés : pour la commodité des perſonnes qui feront uſage de nos Tables, dans la pratique de la Navigation.

D.	SINUS.	TANGE.	D.	SINUS.	TANGE.
1	1445	1746	90	100000	5728596
2	3490	3492	89	99985	2863624
3	5234	5241	88	99939	1908114
4	6976	6993	87	99863	1430067
5	8716	8749	86	99756	1143005
6	10453	10510	85	99619	951436
7	12187	12278	84	99452	814435
8	13917	14054	83	99255	712537
9	15643	15838	82	99027	632375
10	17365	17633	81	98769	567128
11	19082	19439	80	98481	514455
12	20791	21256	79	98163	470463
13	22495	23087	78	97815	433148
14	24192	24933	77	97437	401073
15	25882	26795	76	97030	372105
16	27564	28675	75	96593	348742
17	29237	30573	74	96126	327085
18	30902	32492	73	95630	307768
19	32557	34433	72	95106	290421
20	34202	36397	71	94552	274748
21	35837	38386	70	93969	260509
22	37461	40403	69	93358	247509
23	39073	42447	68	92718	235585
24	40674	44523	67	92050	224604
25	42262	46631	66	91355	214451
26	43837	48773	65	90631	205030
27	45399	50953	64	89879	196261
28	46947	53171	63	89101	188073
29	48481	55431	62	88295	180405
30	50000	57735	61	87462	173205
31	51504	60086	60	86603	166428
32	52992	62487	59	85717	160033
33	54464	64941	58	84805	153986
34	55919	67451	57	83867	148256
35	57358	70021	56	82904	142815
36	58779	72654	55	81915	137638
37	60182	75355	54	80902	132704
38	61566	78129	53	79864	127994
39	62932	80978	52	78801	123490
40	64279	83910	51	77715	119175
41	65606	86929	50	76604	115037
42	66913	90040	49	75472	111061
43	68200	93252	48	74314	107237
44	69466	96569	47	73135	103553
45	70711	100000	46	71934	100000
			45	70711	

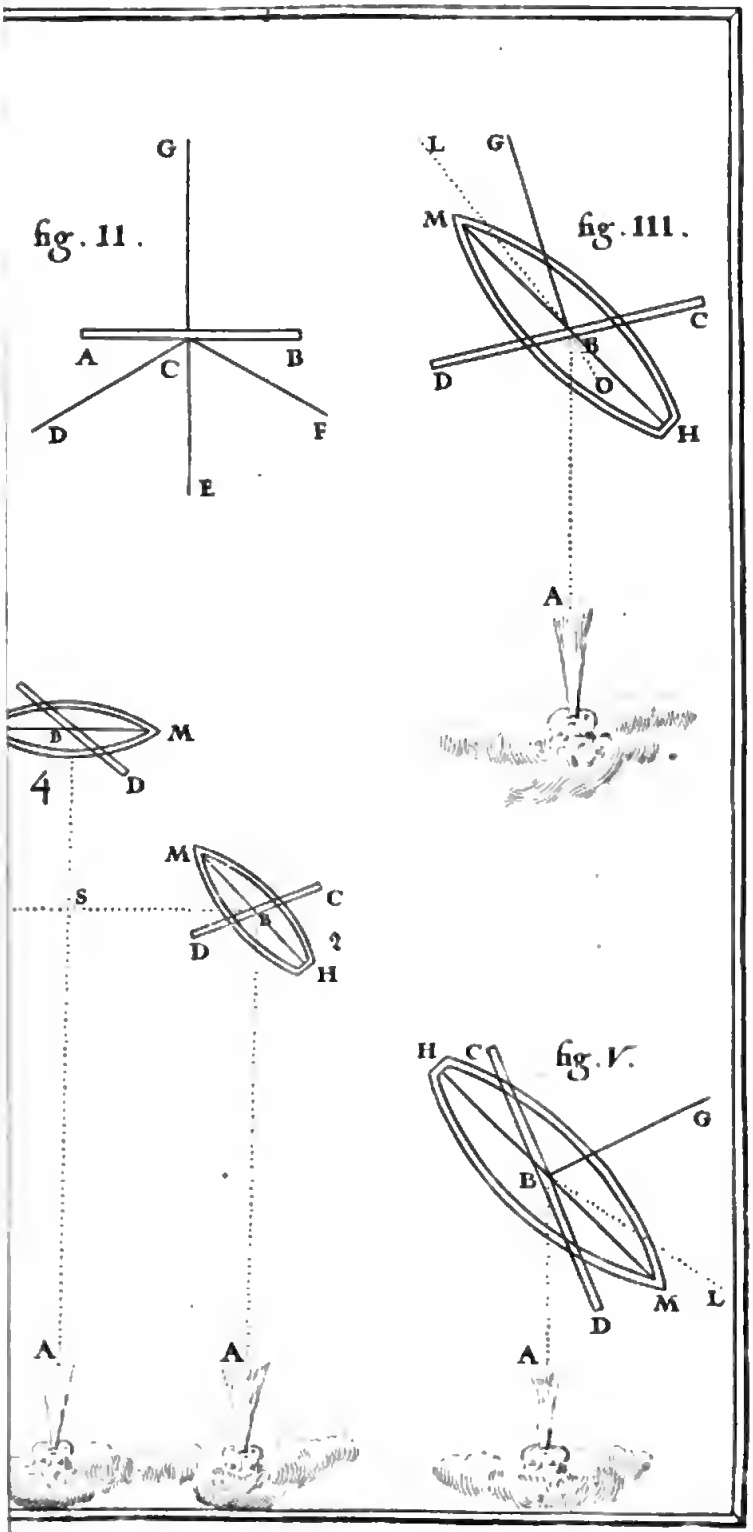


fig. II.
G
A
C
B
D
F
E
fig. III.
L
G
M
C
B
D
O
H
A
4
B
M
D
M
S
C
B
D
H
A
A
fig. V.
H
C
G
B
M
L
D
A

Pl. 2

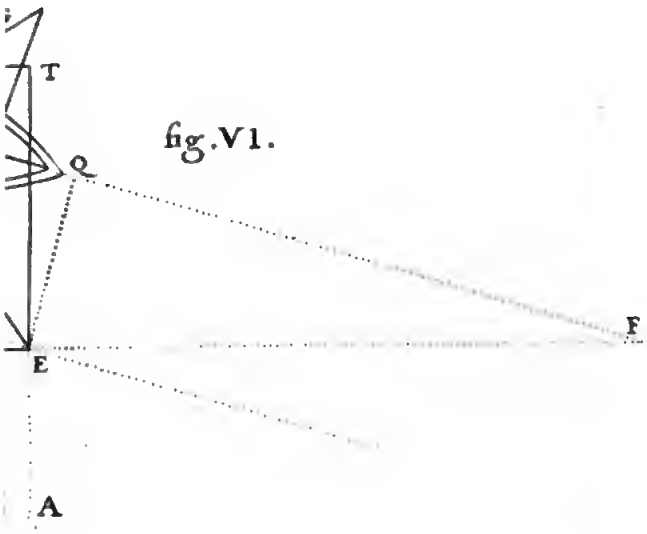


fig. VI.

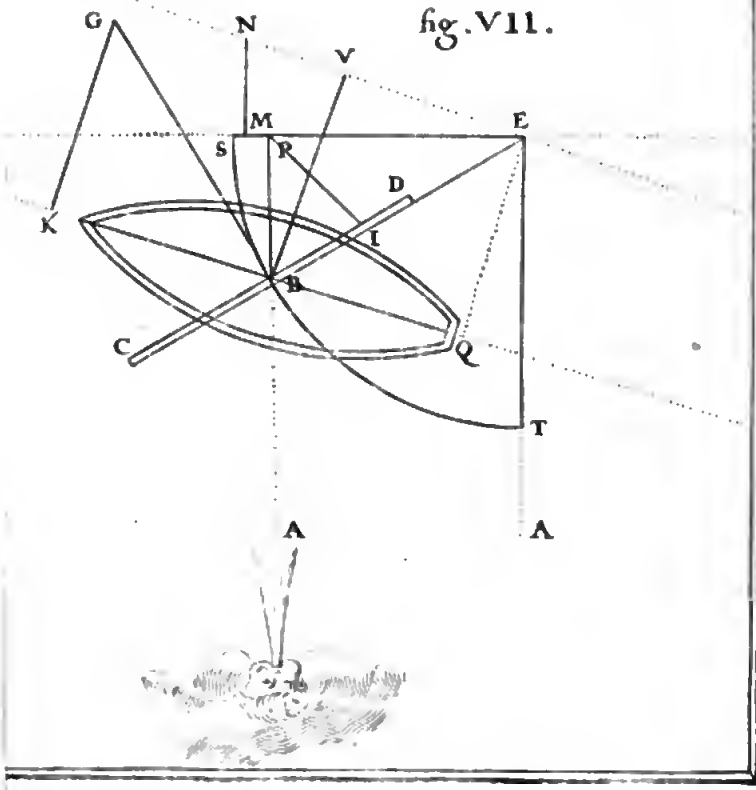


fig. VII.

Pl.5.

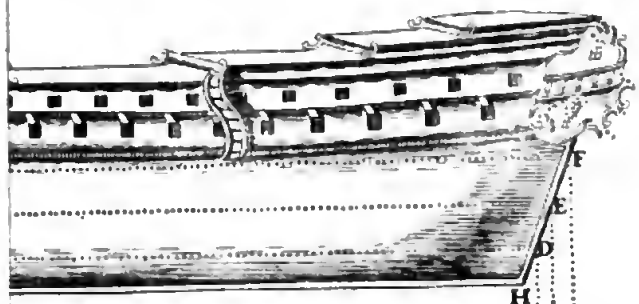
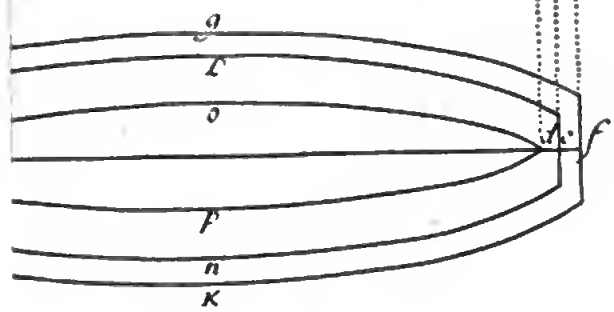


fig. VIII.



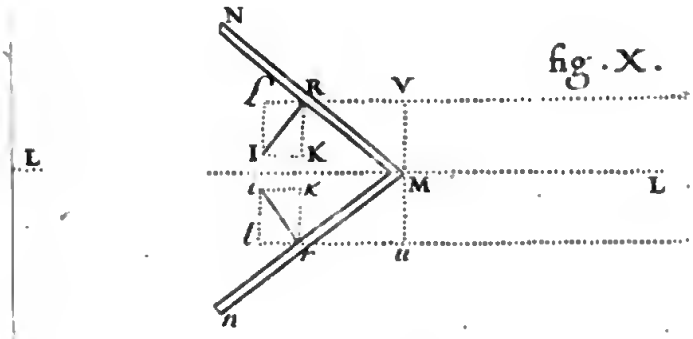
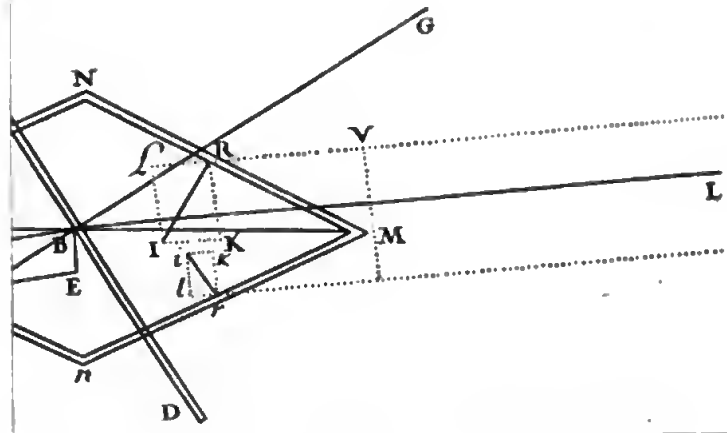
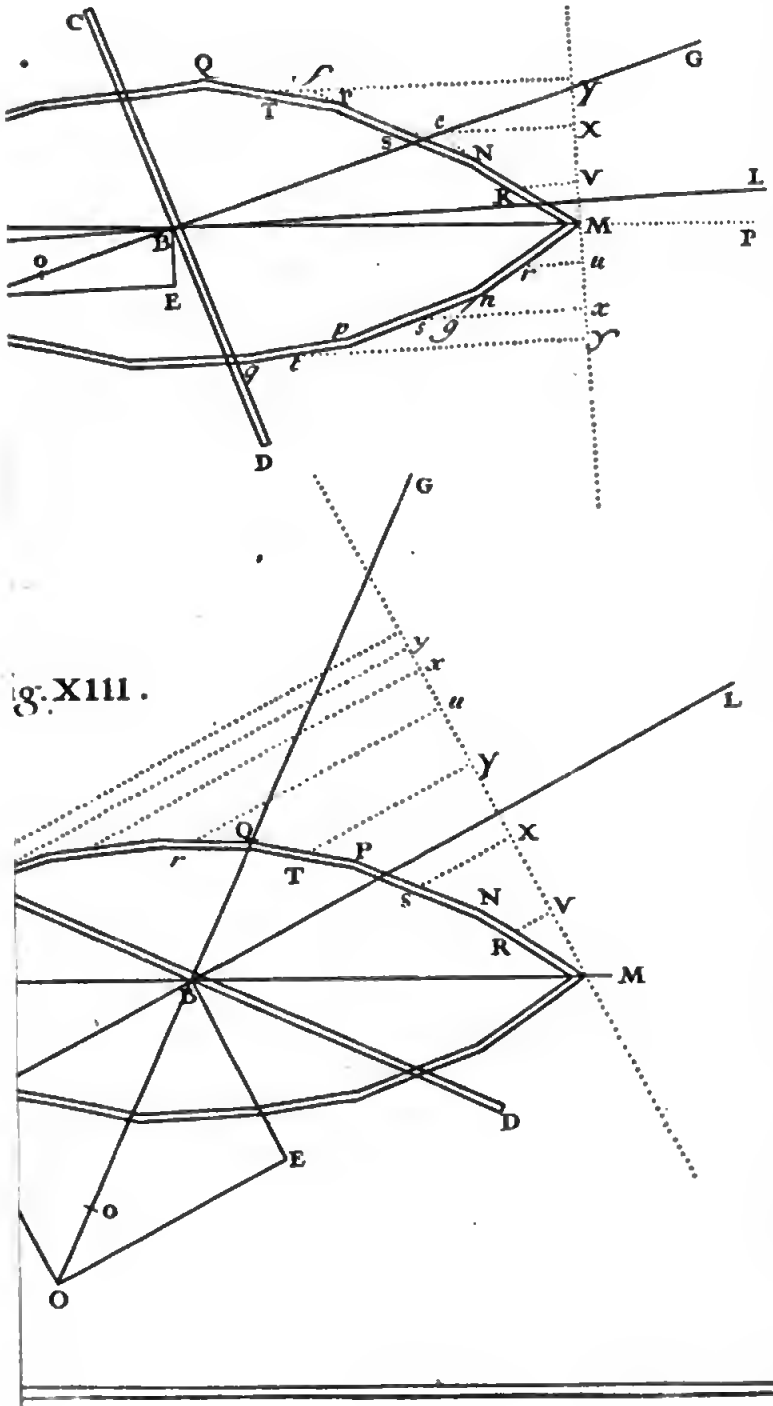


fig. X.



Pl. 4


C
Q
T
r
f
G
Y
X
c
s
N
V
L
R
M
P
B
o
E
u
r
h
x
p
s
g
y
q
t
D
G
y
x
u
L
Y
Q
X
r
P
T
s
N
V
R
M
B
D
E
o
O

g. XIII.

Pl. 5.

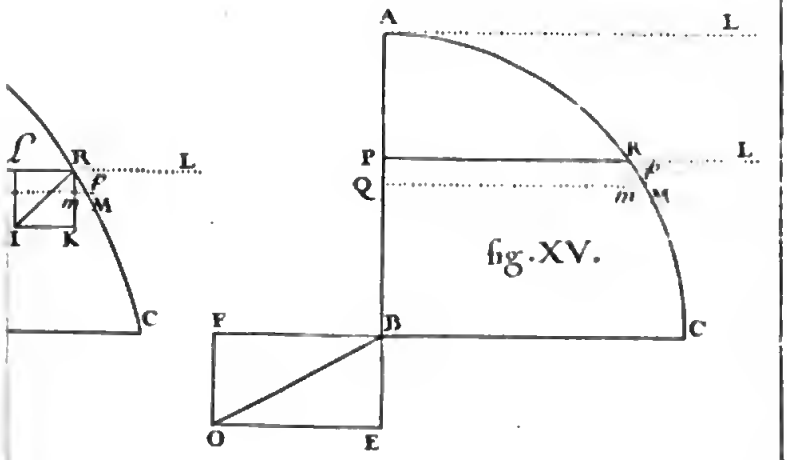


fig. XV.

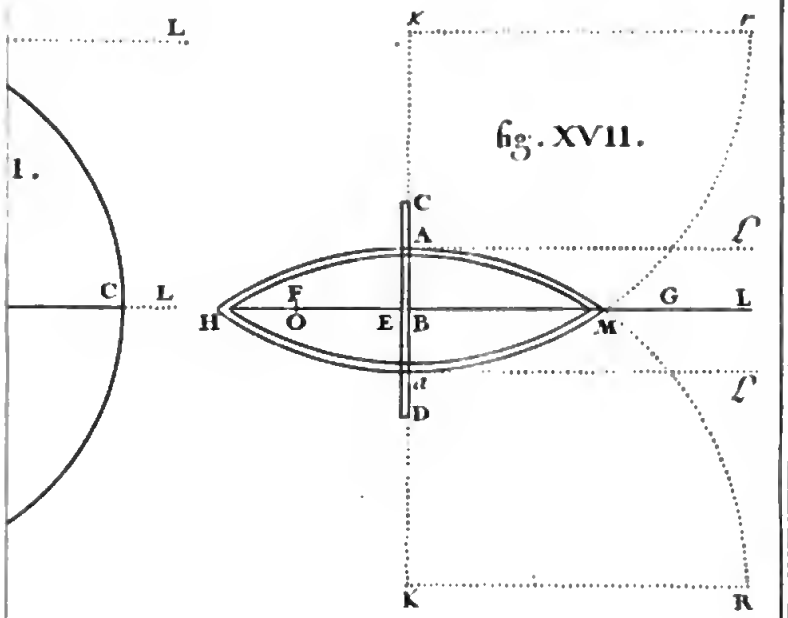
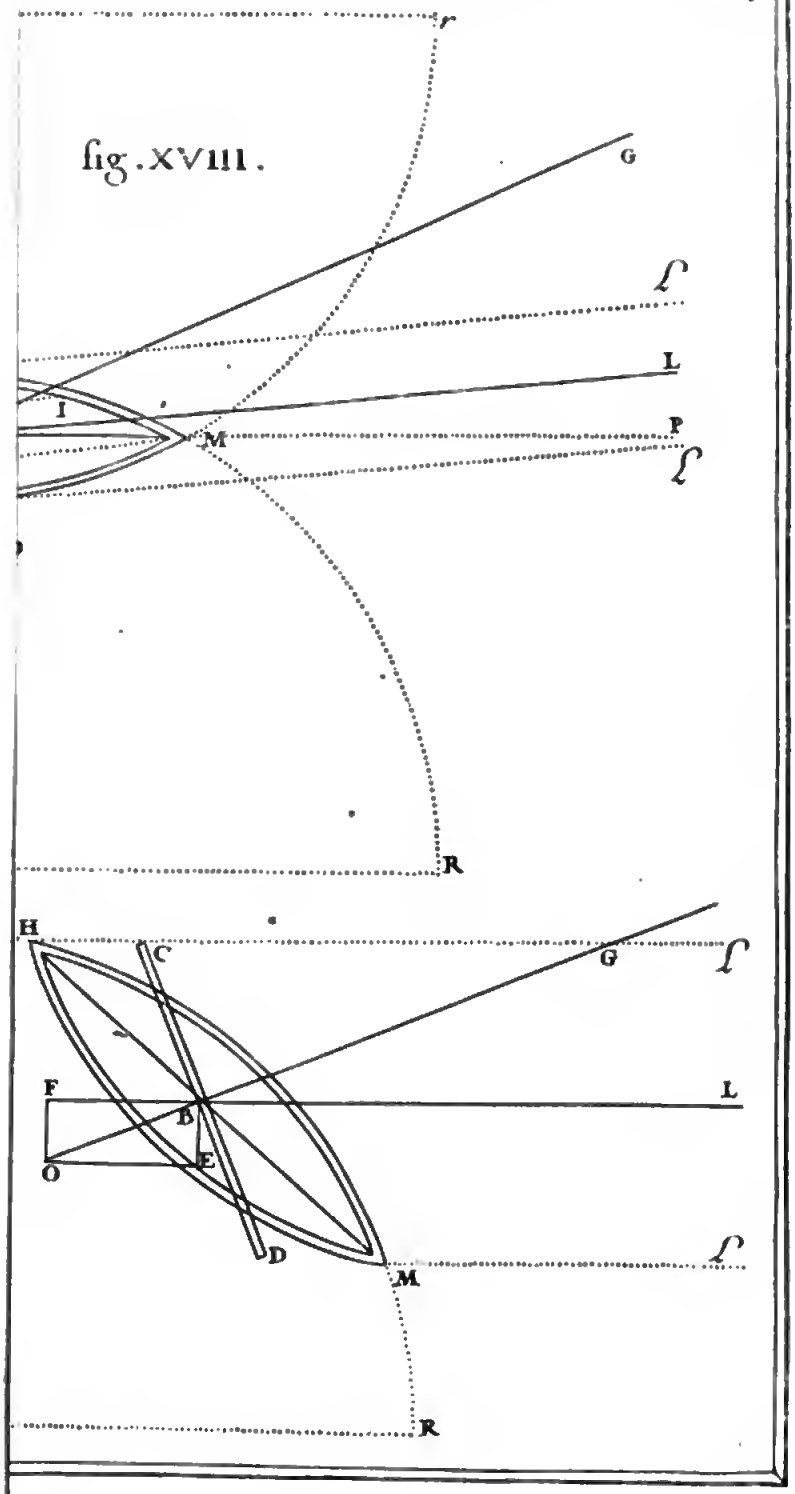


fig. XVII.

Pl. 6.

fig. XVIII.



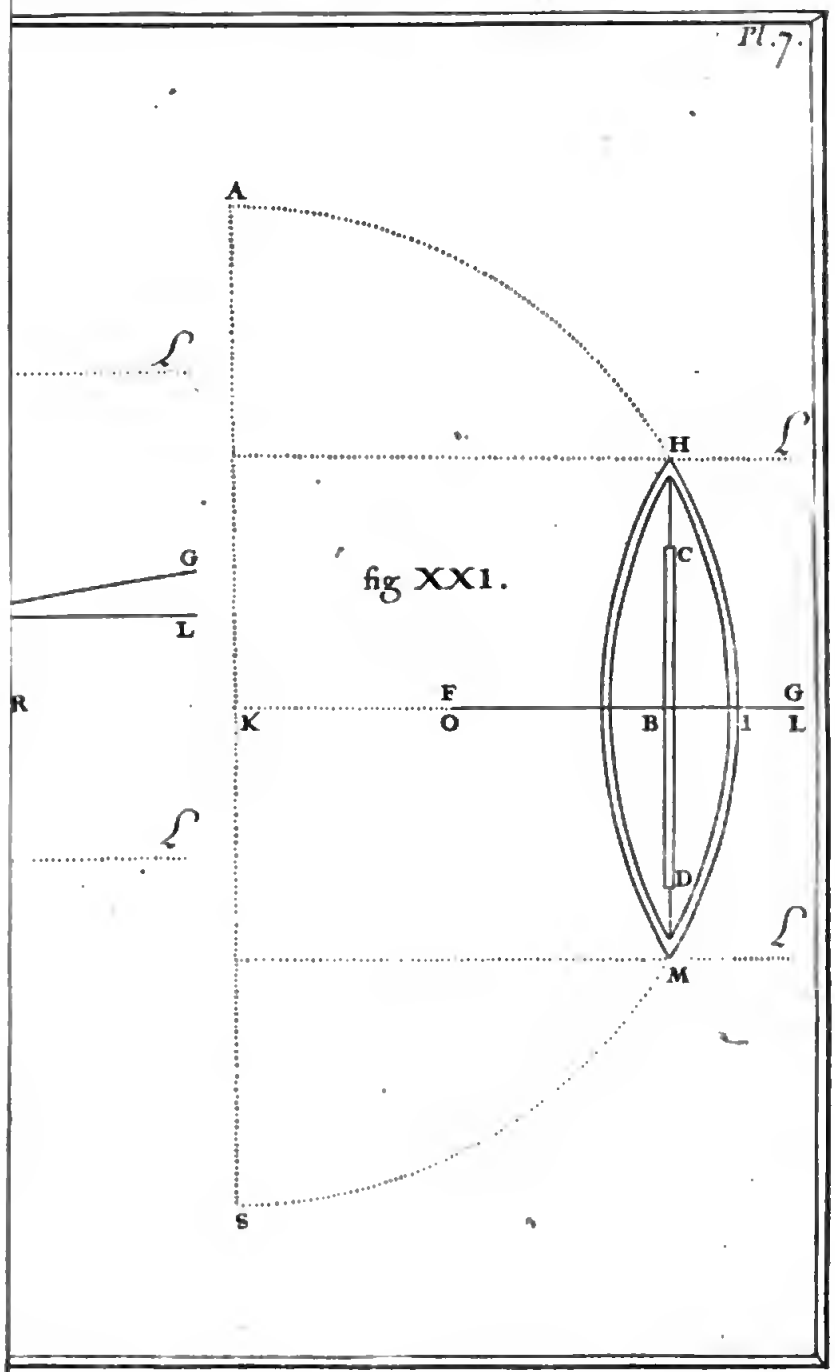


fig XXI.

Pl.8.

fig XXII.

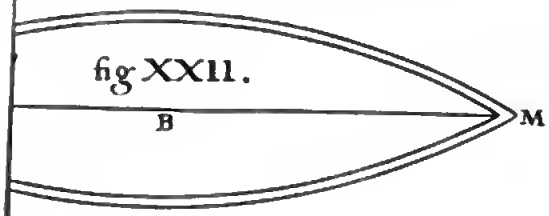


fig XXIII.

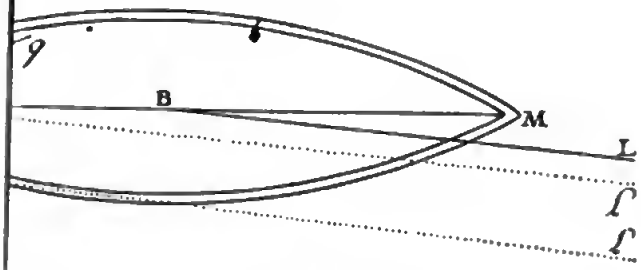


fig XXIV.

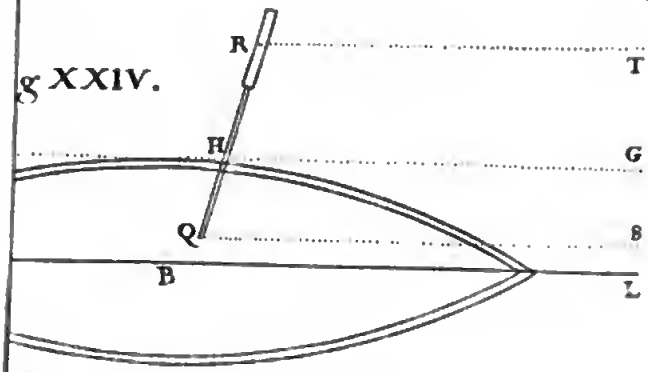


fig XXVII.

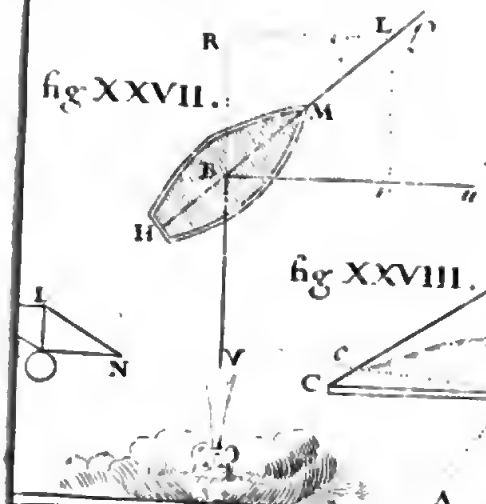
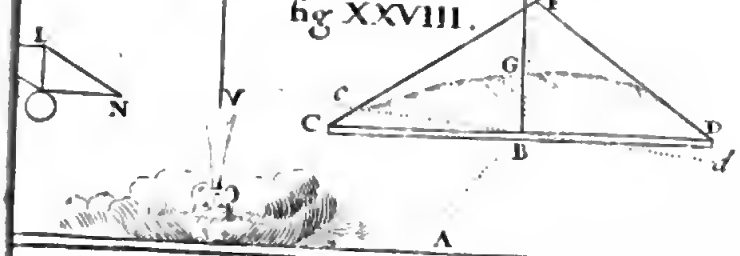



fig XXVIII.